



# VAKOLA

PPA 1  
03400 VIHTI  
913-46211

**VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS**  
STATE RESEARCH INSTITUTE OF ENGINEERING IN AGRICULTURE AND FORESTRY

## VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS No 37

Olavi Keränen — Simo-Pekka Parmala —  
Jukka Ahokas

### **HÄKÄKAASULAITTEISTO MAATALOUDEN POLTTOMOOTTORIKÄYTÖSSÄ**

Producer gas equipment use in internal  
combustion engines in agriculture

Vihti 1984

VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS No 37

OLAVI KERÄNEN - SIMO-PEKKA PARMALA -  
JUKKA AHOKAS

**HAKKAASULAITTEISTO MAATALOUDEN  
POLTTOMOOTTORIKÄYTYSSÄ**

PRODUCER GAS EQUIPMENT USE IN INTERNAL  
COMBUSTION ENGINES IN AGRICULTURE

VIHTI 1984

ISSN 0506-3841

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu	
1.	Häkäkaasun käyttäjälle	1
2.	Johdanto	3
3.	Tiivistelmä	4
	Sammanfattning	7
	Conclusion	10
4.	Kotimaiset kiinteät polttoaineet	14
5.	Kaasunkehitinlaitteisto	22
6.	Laitteiston rakennemateriaalit	26
7.	Laitteiston rakenneselostus	29
8.	Laitteiston asennus ajoneuvoihin	57
9.	Käyttö	60
10.	Toimintahäiriöt	64
11.	Huolto	70
12.	Erityyppisten moottorien muuttaminen häkäkaasukäyttöisiksi	75
13.	Käyttökokemuksia	87
14.	Häkäkaasu paikalliskäytössä	91
15.	Tervavesi	94
16.	Lähdeluettelo	95
17.	Piirustusluettelo ja piirustukset	97

## 1. HÄKÄKAASUN KÄYTTÄJÄLLE

### Varoitus

Hiilimonoksidi eli häkä on erittäin myrkyllinen kaasu. Jo lyhytkin oleskelu häkäpitoisessa tilassa saattaa olla hengenvaarallista.

Häkää ei voida huomata ennen myrkytystä, koska se on hajutonta, mautonta sekä väritöntä. Turvallisuuden vuoksi kaasutinta ei saa sytyttää autotalissa tai vajassa eikä missään suljetussa tilassa. Häkään ei voi tottua.

Myrkytyksen oireita ovat aluksi päänsärky, pahoinvointi ja huimaus. Mikäli uhri saa välillä puhdasta, raikasta ilmaa, niin seurauksena on raukeus, väsymys, liikuntakyvyttömyys, jäsenten herpaantuminen ja tajuttomuus. Heti ensimmäisten oireiden ilmestyttyä uhrin on mentävä tai hänet on vietävä raittiiseen ulkoilmaan. Jos uhri on tajuton, niin hänelle on annettava kiireellisesti tekohengitystä ja hänet on toimitettava pikaisesti lääkärin hoitoon.

Kehittimestä tulevia kondenssinesteitä on käsiteltävä varovasti. Kondenssinesteet sisältävät puun kuivatuslaustuotteita, joista monet ovat terveydelle ja ympäristölle vaarallisia. Kondenssinesteitä ei saa säilyttää huonetiloissa eikä niitä saa kaataa esim. viemäriin. Paras hävittämistapa on imeyttää ne esim. sahanpuruihin ja senjälkeen polttaa ne nuotiossa.

Kehittimen käyttö tulenarkojen materiaalien läheisyydessä vaatii erityistä varovaisuutta. Kehittintä ei saa käynnistää sisätiloissa eikä kehittimestä saa poistaa tuhkaa muualle kuin sille varattuun astiaan.

Tulipalon vaara johtuu seuraavista tekijöistä:

- Kaasunkehittimestä saattaa päästä karkuun kipinöitä huoltotöiden yhteydessä esim. kuuman tuhkan poistossa.
- Kehittimen kantta avattaessa säiliössä oleva kaasu palaa hulmahtaan.
- Käynnistysvaiheessa kaasu poltetaan poistoputken suulla.
- Kehittimen ulkopinnan lämpötila on korkea.

Häkäkaasulaitteistolla varustettu ajoneuvo vaatii kuljettajaltaan enemmän tarkkaavaisuutta kuin nestemäistä polttoainetta käyttävä ajoneuvo. Laitteet ovat varsin suurikokoisia ja ne heikentävät näkyvyyttä. Häkäkaasula ajettaessa ajoneuvon suorituskyky on heikompi ja laitteiston säätö vaatii osansa kuljettajan huomiokyvystä. Turvallisuusriskin vähentämiseksi ajoneuvojen kuljettajien on saatava riittävä koulutus tehtävänsä. Jokaisen häkäajoneuvon käyttäjän tulisi ymmärtää laitteiston toimintatavat ja siihen liittyvät vaarat.

## 2. JOHDANTO

Tutkimus on tehty valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitoksella, VAKOLA, Maatilatalouden kehittämisrahaston rahoittamana.

Tutkimuksen johtajana on ollut VAKOLAN johtaja prof. Osmo Kara.

Tutkimuksen valvojakuntaan ovat kuuluneet

prof. Antti Saarialho	pj.	Teknillinen korkeakoulu
prof. Osmo Kara		VAKOLA
DI Jouko Tommila		Valmet Oy Linnavuoren tehdas
DI Heikki Kerkkonen		Raision tehtaas
ins. maj. K.U. Viinikka		Pääesikunta
tark. Pertti Laine		Kauppa- ja teollisuusministeriö

Perustutkimuksen ja laitteiston suunnittelutyön on tehnyt DI Simo-Pekka Parmala. Koeajot ja laitteiston muutostyöt on tehnyt ins. Olavi Keränen.

Tutkimus oli tarpeellinen 1970-luvun öljykriisin ja sitä seuranneen alituisen öljynhinnan kohoamisen vuoksi. Lisäksi haluttiin vähentää maan riippuvuutta tuontienergiasta, öljystä ja selvittää, miten uudet muuttuneet moottorit ja raaka-aineet sekä polttoaine sopivat kaasutuksen avulla käytettäväksi.

Tässä selostuksessa annetaan ohjeet sekä varsinaiselle hääkaasuajoneuvon käyttäjälle että kaasuttimen rakentajalle. Koeajot on suoritettu Valmet 702 dieseltraktorilla sekä Jeepin 6-sylinterisellä 4,2 l riviottomoottorilla. Kaasutin soveltuu kuitenkin pääosin samanlaisena kaikille moottoreille, kunhan sen toiminnalliset mitat muutetaan ko. moottorille ja polttoaineelle sopiviksi.

### 3. TIIVISTELMÄ

Hiilimonoksidi, häkä on lähes ainut kriisitilanteessa heti käyttöön saatava kotimainen moottoripolttoaine. Tällöin laitteisto- ja käyttökustannukset eivät ole merkittäviä ja häkäkaasun avulla hyötyajoneuvot ja maatalouskoneet voidaan pitää tyydyttävästi käytössä, jolloin öljyn varmuusvarastot riittävät pitemmäksi aikaa. Tässä tutkimuksessa selvitetään miten moottorit saadaan toimimaan häkäkaasulla mahdollisimman pienin teknisin muutoksin.

Parhaiten häkäkaasu sopii ajoneuvoihin, jotka ovat maaseudulla lähellä polttoainetta. Tällöin jakeluorganisaatio ei ole esteenä, koska maataloilla ja suurehkoissa lämpökeskuksissa on saatavana haketta tai turvetta.

Häkäkaasu soveltuu hyvin ottomoottoreihin ja suora-ruiskutusdieseliin. Ottomoottorin teho tosin laskee noin puoleen bensiinikäyttöön verrattuna ja dieselmoottorinkin teho noin neljänneksen. Dieselkäytössä rajoittavana tekijänä on puristussuhde ja moottorin rakenne. Mikäli puristussuhde on yli 16, joudutaan tekemään muutostöitä, koska häkäkaasu ei kestä nakutamatta korkeaa painetta ja lämpöä. Lisäksi pakokaasuahdin ei sellaisenaan sovellu häkäkaasun kanssa käytettäväksi mm. paineen nousun ja kaasun epäpuhtauden vuoksi.

Dieselmoottoreissa häkäkaasu sopii hyvin vain suora-ruiskutusmoottoriin. Kammiorakenteiset dieselmoottorit on muutettava joko kaasulla käyviksi ottomoottoreiksi tai suoraruiskutusdieseleiksi. Tällöin tekniset muutokset ja varaosien tarve ovat suuret mikä on kriisitilanteessa epätoivottavaa.

Ajo häkäkaasukäyttöisellä ajoneuvolla on erilaista. Liikkeelle lähdöt on ajettava varovasti. Tehontarpeen kasvuun on varauduttava hyvissä ajoin ja esim. mäenousuun on käytettävä pientä vaihdetta ja suurta pyörimisnopeutta. Joutokäyntikierroslukku on huomattavan korkea öljykäyttöiseen verrattuna, usein yli 1400 r/min.

Kehittimessä syntyy kaasua epätasaisesti, josta syystä moottorin pyörimisnopeus ei ole tasainen, vaan vaihtelee jopa 20 %. Kaikkein parhaiten häkäkaasulaitteisto toimii mikäli kierrosnopeus voitaisiin pitää mahdollisimman tasaisena. Kuljettajan on ajon aikana säädettävä seosta ja tarpeen mukaan liikuteltava arinaa.

Korkeiden lämpötilojen vuoksi on varottava laitteistoa. Täysin kuormitetun kaasunkehittimen ulkopinnan lämpötila on n. 250°C. Kehittimestä lähtevä kaasu on yli 400°C ja kaasuputki n. 300°C. Häkäkaasun hitaamman palamisen vuoksi pakoputken ja -sarjan lämpötila on jopa 800°C.

Kehittimestä saatavan kaasun laatu muuttuu käytettävän polttoaineen mukaan, esim. pilke tai palahake toimii erittäin luotettavasti, mutta saatava teho on pienempi verrattuna pienhakeeseen. Pienhakeella tulee hyvää kaasua runsaasti, mutta arinan tukkeutumisvaara ja syötöhäiriöt ovat ilman erikoistoimenpiteitä tavallisia. Käytettäessä muita kiinteitä polttoaineita esim. eri pellettejä (turve, olki, rypsi) saadaan mahdollisesti erittäin hyvää kaasua, mutta runsas tuhka ja sen sulaminen voi aiheuttaa ongelmia.

Polttoaineen kulutus on riippuvainen paitsi tehontarpeesta myös palakoosta ja kosteudesta sekä kaasunkehittimen mitoista.



Kaasutuksen kannalta hyvin kuiva polttoaine on parasta. Käytännössä tämä ei kuitenkaan ole mahdollista. Sen tähden kehittimen säädöt ja mitoitus on suunniteltu 10...20 % kostealle polttoaineelle. Kosteampikin jopa 30 % aines, palaa, mutta teho alenee ja holvaantumisen vaara kasvaa. Lämpötilan laskun seurauksena kaasun mukana kulkeutuu moottoriin tervaa, jolloin imuventtiilit helposti takertelevat. Hakekaasunkehitin vaatii joko käsin tai sähkömoottorilla liikuteltavan arinan. Sähkömoottoriksi soveltuu hyvin esim. lasinpyyhkimen moottori. Tuhkaa ja hiilenpölyä tulee sitä enemmän mitä pienempijakoista hake on. Arinan tulee liikkua pystysuunnassa, jolloin hiilikerros pysyy kuohkeana, imuvastus kohtuullisena sekä kaasuun muodostuvat epäpuhtaudet vähempänä, esim. tervaa ei synny juuri lainkaan.

Kaasunkehitinlaitteisto on yksinkertainen ja valmistettavissa tavanomaisista materiaaleista hyvinkin tavanomaisin työvälinein. Kaasunpuhdistimen lasikuitukangas on ainoa erikoismateriaali, joka on tuontitavaraa. Käytettäessä hyviä teräslaatuja osien käyttöikä kasvaa, mutta hinta nousee ja aineiden saatavuus voi kriisitilanteessa olla huono.

Hakekehittimen mitoituksessa ja rakentamisessa on noudatettava annettuja mittoja. Ilmasuuttimien, tulipesärenkaan ja arinan koko sekä näiden keskinäinen asema käytettyyn polttoaineeseen nähden ratkaisevat kehittimen toiminnan. Muut osat ja mitat eivät ole yhtä tarkkoja.

Ajoneuvoon asennettaessa kehitin tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle moottoria, jotta imuvastus olisi mahdollisimman pieni. Traktorissa kehitin lienee useimmin sijoitettava vasemmalle puolelle, jotta kehittimen aiheuttama näkyvyyden heikkeneminen työtehtävissä jäisi pieneksi ja työkonoiden käyttö olisi helpompaa.

## SAMMANFATTNING

Koloxid, kolgas, är nära nog det enda inhemska motorbränslet som under kristiden kan genast tas i bruk. Då är kapital- och driftskostnaderna inte betydande och med hjälp av gengas kan transportbilarna och lantbruksmaskinerna hållas på ett tillfredställande sätt i gång. Då räckas oljan och säkerhets lagerna längre. I denna studien utredas hur motorna fås fungera med gengasen med så få tekniska förändringar som möjligt.

Som bäst passar gengasen till motoren, som i landsorten är nära bränslen. Då ställer sig distributionsorganisation inte hindrande i vägen, ty på lantgårdar och i störta värmeverk finns flis eller torv att få.

Gengasen lämpar sig bra till ottomotorer och till dieselmotoren med direkt insprutning. Effekten på ottomotoren går ned till hälften i jämförelsevis med bensindrif. Effekten på dieselmotoren i dieselgasdrift går ned ungefär en fjärde del. I dieseldrift är kompressions och konstruktionen som begränsande faktor. Om kompressions är över 16, måste ändringar göras, ty gengasen inte tålar utan knackning högt tryck och hög temperatur. Ytterligare lämpar överladdaren inte sig i gengasdrift t.ex. tryckets och gengasens orenhetens skull.

I dieselmotorer lämpar gengasen sig bara endast i motoren med direkt insprutning. Förkammare och virvelkammare dieselmotorer måste ändras varken till ottomotorer eller till dieselmotorer med direkt insprutning. Då är tekniska ändringar och behov av reservdelar stora vilket under kristiden är inte önskvärt.

Dieselmotoren fungerar inte endast med gengas. För att gasen skall tändas, behövs en liten mängd tändningsbränslen. Den instputningsmängden är dock mindre än vad dieselmotoren behöver i tomgång. Gränsen för minskningen är avkylning av insprutarna. I provkörningar beroende på varvtal och justering var bränsleförbruk 1,2 - 3,5 l/h, vilket motsvarar 10 - 20% av normalt bränsleförbruk.

Det är olikartad att köra ett fordon med gengasdrift. Att sätta fordonet i rörelse måste man köra försiktigt. För ökande effektbehov måste man bereda i god tid och t.ex. backar måste köras med låg växel och hög motorvarvtal. Tomgång är nödvändigt hög i jämförelse med oljebruk, oftast över 1400 r/min.

Gengasutvecklingen är ojämnt och därför också motorns varvtal är inte jämnt, utan varierar 20%. Gengasapparater fungerar allt bäst om varvtalet kunde hållas så jämnt som möjlig. Köraren måste under körningen justera gasblandaren och om bränslet är flis också röra rost efter behov.

För höga temperaturer måste aktas. Yttre ytans temperatur av fullt belastade generator är c. 250 °C. Gasen, som kommer från generatoren är över 400 °C och gasrören c. 300 °C. Ty gengasens förbränning är trög är avlopps-rörets och grenrörets temperatur även 800 °C.

Gengasens kvalitet förändras enligt bränslet då att t.ex. vedklabb eller grov flis fungerar mycket pålitligt, men motoreffekten är lägre än med små flis. Med små flis är gasproduktion stark, men rostens stockning och matningstörningar är utan särskilda åtgärder vanliga. När andra fasta bränslen, t.ex. torv eller halm pelletter användas, fås möjligt mycket bra gas, men stor askmängd och dess smältning kan förorsaka problem. Bränsleförbrukningen beror utan effektbehov också på bit storlek, vattenhalt och generatorens dimensioner.

För förgasningens skull är mycket torrt bränsle bäst. I praktiken är det inte möjligt. Därför generatorens justeringar och dimensioner har konstruerats för bränslen, vars vattenhalt är 10 - 20%. Våtare, även 30%, bränslen brinner, men effekten sjunker, valvets fara blir större och som följd av nedre temperatur tjäran går med gasen till motoren och då insugningsventiler blir lätt fastna. Flisgeneratoren kräver rörande rosten. Rosten kan röras varken manuellt eller med elmotoren genom spakar. T.ex. vindrutetorkarens motor passar bra för elmotoren. Aska och koldammen blir desto mera desto mindre flis bitar är. Rosten måste rör sig upp och ned, då kolskikt håller sig lucker, insugningstrycket måttligt och i gasen bildade orenheter är mindre, t.ex. tjäran blir inte.

Gengasapparaten är enkel och då det kan framställas av vanliga material med mycket vanliga verktyg. Gasrenarens glasfibermaterial är det enda speciellt material, som måste importeras. Om goda stålmaterial användas, blir delarnas användningstid längre, men priset stiger och materialen under kristiden är svåra tillgängliga.

Vid flisgeneratorens konstruktion är måtten i många fall noggranna. Luftventilernas, härdringarnas och rostens storlek samt deras avstånd av varandra med bränslet avgör generatorens funktion. De andra måtten och delar är inte lika noggranna.

I generatorens montering på fordonet är huvudprincipet det, att generatoren skulle vara så nära motoren som möjligt därför att insugningstryck skulle vara så små som möjligt. På traktorer måste generatoren oftast monteras på vänstra sidan, därför att generatorens siktribrister i arbetet skulle vara små och användande av redskap skulle vara lättare.

## CONCLUSION

Producer gas, carbon monoxide, is almost the only domestic fuel which during crisis can immediately be taken into use. Then capital and operating costs are not significant and with the help of producer gas transport cars and agricultural machines can satisfactorily be kept in operation. Then oil and guarantee stocks will last longer. In this study is explained how engines can be made to operate with producer gas with as small technical modifications as possible.

Best producer gas suits to vehicles, which are used in the countryside near the fuel resources. Then transport organisation is no difficulty because farms and big heating units have wood chips or peat available.

Producer gas suits well for otto engines and for diesel engines with direct injection. Engine power will be reduced to half compared to gasoline usage. The power of dieselgas engine will be reduced a quarter. In dieselgas usage compression ratio and engine construction are limiting factors. If compression ratio is over 16, modifications are needed, because carbon monoxide does not stand high pressure and temperature without knocking. Moreover turbocharger does not suit to be used with producer gas because of pressure raise and unclean gas.

In diesel engines producer gas suits well only for direct injection engines. Chamber diesel engines must be modified either to ottoengines which run with produce gas or to direct injection diesel engines. Then technical changes and need of spare parts are numerous which during crisis is not desirable.

Diesel engine does not run with gas only. For ignition gas needs a small amount of ignition fuel. Injected fuel amount is however less than what is needed for idling. Limit for decreasing the fuel done is the cooling of the injectors. During the tests depending on engine speed and adjustments fuel consumption was 1,2-3,5 l/h which is 10-20 % of the normal consumption.

To drive a producer gas powered vehicle is different. Setting the vehicle into motion must be done carefully. The operator must in good time prepare for increasing power and for example on slopes the engine speed must be high and the gear ratio low. The idling speed is remarkable high when compared to oil use, often over 1400 r/min.

The gas production in the generator is uneven, fluctuation is about 20%. The producer gas system runs best if engine speed could be kept as constant as possible. The operator must during drive adjust the mixture and if necessary when wood chips is used also shake the grate.

Because of high temperatures operator must be careful not to burn the load or himself. When the generator is fully operating its outside temperature is about 250 °C. The gas temperature when leaving the generator is over 400 °C and the gas pipe temperature is about 300 °C. Due to slower burning of the producer gas exhaust manifold and pipe temperatures can be as high as 800 °C.

The quality of producer gas varies with fuel, for example chopped wood or coarse wood chips work very reliably but engine power is lower than when small wood chips are used. Small wood chips produce much good gas but risk of grate clog and fuel bridging are without

special actions usual. When other solid fuels than wood is used, for example peat, straw, the produced gas may be very good but the large amount of ash and its melting may cause problems. Fuel consumption depends besides power requirements on particle size, water content and generator's dimensions.

As to the gasification very dry fuel is best. In practice this is not possible. Therefore adjustments and dimensions of the generator must be designed for fuel which water content is 10 - 20%. More wet, even 30%, fuel burns but power is reduced and risk of bridging is increased. Resulting this temperature is decreasing and tar goes with gas into the engine and intake valves easily stick fast. When wood chips are used grate must be movable. This can be done either manually or with an electric motor and levers. The electric motor can be for instance a windscreen wiper motor. Ash and coal dust becomes the more the smaller sized wood chips are. The grate must move up and down, then the reduction zone remains porous and, suction pressure is reasonable and there is less uncleanness (tar) in the gas.

The producer gas equipment is simple and can be constructed of normal material with very traditional tools. The glassfiber material of the filter is the only special material, which must be imported. When good steel materials are used life time of the parts will be longer but the price will be higher and during crisis there is a risk if the materials are obtainable.

In producer gas equipment design constructional dimensions are in many cases accurate. Dimensions of air nozzles, choke plate and grate and the distances between them together with the fuel make out the function of the generator. Other parts and dimensions are not so accurate.

In locating the generator on a vehicle the main principle is that the generator should be as near the engine as possible in order to minimize the suction resistance. On tractors the generator can often be mounted on left side so that it would not prevent visibility during work.



#### 4. KOTIMAISET KIINTEÄT POLTTOAINEET

Suomessa on varsin runsaasti kotimaisia polttoaineita. Näihin on alettu kiinnittää yhä suurempaa huomiota tuontipolttoaineiden kallistuessa ja saannin ollessa poikkeustilanteissa epävarmaa. Käytön hankaluutena on jakelun järjestäminen sekä käyttäjien valmius kotimaisen polttoaineen käyttöön ja varastointiin.

##### Puupolttoaineet

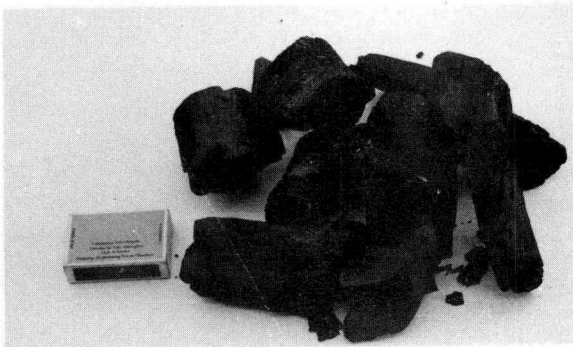
Puuston kasvun on laskettu olevan n. 100 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Tästä määrästä 60 % on runkopuuta, joka menee teollisuuden raaka-aineeksi. Tähteeksi jää 40 milj. m<sup>3</sup>, mikä polttoaineena käytettynä vastaa 7 milj. öljytonnia eli 2/3 koko Suomen öljynkulutuksesta. Selvää kuitenkin on, ettei kaikkea saada talteen eikä siten öljynkäyttöä voida vähentää näin paljon. Jätepuuta voidaan käyttää mm. uunilämmitykseen, kaukolämpöön, sähköntuotantoon ja kaasutuksen avulla moottoripolttoaineena.

Kaasutuksessa puusta saatava hyöty on suuresti riippuvainen kosteudesta. Eri puulajien lämpöarvoissa ei ole suuria eroja. Käytettävän puun tulee olla kuivaa. Vesipitoisuuden pitää olla 10-20 %. Mitä kuivempaa puu on, sitä paremmin se sopii kaasutukseen. Jos puun halutaan kuivuvan itsestään noin 20 % kosteuteen, se on karsimisen yhteydessä aisattava ja varastoitava ilmavaan ulkokatokseen.

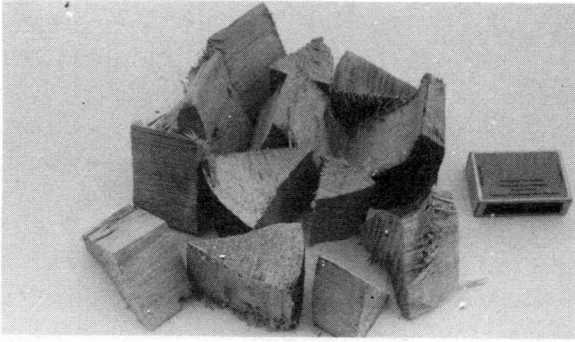
Kaasun kehittymiseen vaikuttaa myös puun palakoko. Sopiva palakoko määräytyy kehittimen mitoituksen perusteella. Kehitin voidaan tehdä sellaiseksi, että se toimii hakkeella ja pilkkeellä. Pilke ei tule kysymykseen hyvin työlään valmistamisen vuoksi. Lisäksi pilkkeelle suunniteltu kehitin ei toimi hakkeella, päinvastoin kylläkin. Haketta voidaan tehdä suuria määriä nopeasti. Tarvittava konekanta on jo maassa olemassa.

Sopivinta haketta saadaan kuorellisesta, karsitusta puusta. Puu voi olla joko lehti- tai havupuuta. Kehittimen toiminnan kannalta suuripalainen hake olisi edullisinta. Tällöin kehittimen kaasuntuotto ei kylläkään ole suurin. Mitä pienempi pala on, sitä runsaampaa on kaasuntuotto, mutta sitä enemmän esiintyy myös häiriöitä. Siten esim. sahanpuru ei sovellu suoraan kehittimen polttoaineeksi, vaan se on ensin pelletoitava. Edullisinta on palakooltaan n. 10 x 20 x 30 mm ja mahdollisimman tasalaatuinen hake. Tällaisesta hakeesta muodostuu hyvin kaasua läpäisevä, hehkuva hiilikerros arinan päälle. Kaasuntuotto on tasaista eikä häiriöitä juuri esiinny.

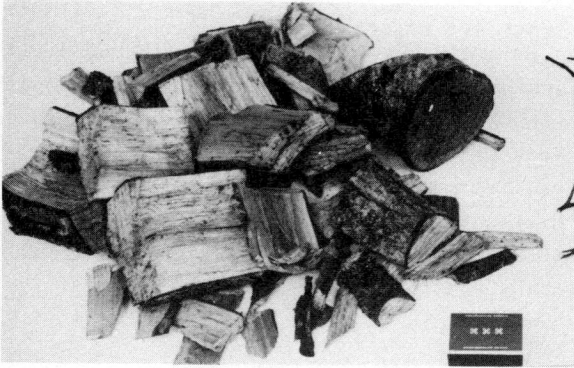
Parhaiten kaasutukseen soveltuisi puuhiili. Hiiltä kaasutettaessa on kaasu erittäin puhdasta, ja sen lämpöarvo on korkea. Kriisitilanteessa hiilen nopea saanti on vaikeaa hankalan valmistuksen takia. Yhden hiilikuutiometrin valmistamiseen tarvitaan 2,5 irto-m<sup>3</sup> puuta. Lisäksi hiilen valmistuksessa menetetään suuri osa puun lämpösisällöstä: 1 m<sup>3</sup> puuta vastaa n. 200 l bensiiniä, hiileksi valmistettuna vain n. 80 l bensiiniä.



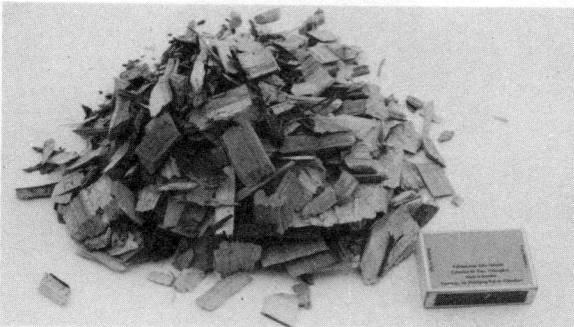
Kuva 1. Puuhiili



Kuva 2. Pilke



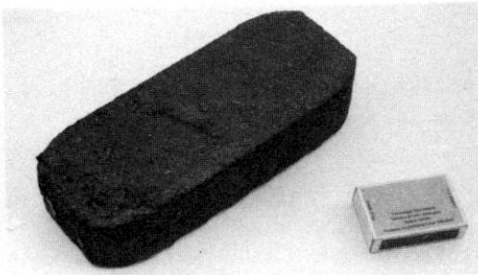
Kuva 3. Palahake



Kuva 4. Hake

## Turve

Suomessa on n. 2,5 milj. ha turpeen nostoon soveltuvia soita. Ennenkuin turvetta voidaan nostaa, suo täytyy valmistella nostokuntoon. Turpeen nostoon tarvitaan erikoiskoneita ja nosto on mahdollista vain kesällä poutapäivinä. Noston jälkeen turve varastoidaan aumaan ja missä se kuivuu n. 30 % kosteuteen. On huomattava, että hääkäasukehittimen polttoaineeksi turve ei sovellu. Turpeen runsas tuhka sulaa arinan päälle, jolloin arina tukkeutuu ja kaasunkehittyminen loppuu.



Kuva 5. Turvepriketti



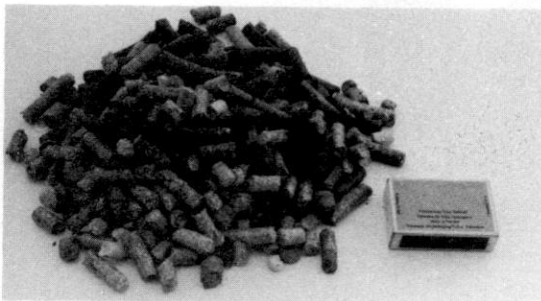
Kuva 6. Palaturve



Kuva 7. Turvepelletti

### Olki

Olki on nopeasti uusiutuva luonnonvara, joka voitaisiin jalostaa polttoaineeksi. Oljen poltto lämmityksessä paineena vaatii runsaasti varastotilaa ja on suuritöistä. Sen vuoksi on tutkittu oljen pelletointia, jolloin se saadaan puristetuksi pieneen tilaan helposti käsiteltäväksi. Eri viljalajien olki on laadultaan erilaista. Kaasunkehittimeen sopii lähinnä olkilaji, jonka tuhkan sulamispiste on korkea. Tällaista on mm. rypsi.



Kuva 8. Olkipelletti

Taulukko 1. Kotimaisten polttoaineiden ominaisuuksia

polttoaine	kosteus%	Tehollinen lämpöarvo		tilavuus paino
		kuiva MJ/m <sup>3</sup>	kostea MJ/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
koivuhalko	24	19,0	13,1	500
koivuhake	30	19,0	11,5	300
mäntyhake	30	18,9	11,5	235
kuusihake	30	19,1	11,7	230
leppähake	30	18,7	11,3	215
lehtipuuhake	30	18,0	10,6	240
kuori	60	20,0	5,2	200
jyrsinturve	45	20,0	8,9	350
palaturve	30	20,0	12,6	300
turvebriketti	12	20,0	17,0	750
yhdyskuntajäte	30	16,0	10,0	100
olki paalattuna	18	17,4	14,0	90
olkipelletti	18	17,4	14,0	600
kevyt polttoöljy	-	42,7	42,7	840
raskas polttoöljy	-	40,8	40,8	940

Taulukko 2. Kotimaisten polttoaineiden koostumus

	tuhka%	hiili%	vety%	happi%	typpi%	rikki%
turve 2...10	52-56	5,0-6,5	30-40	1,0-2,5	0,05-0,7	
puu 0,4...2,8	49-56	5,9-6,2	40,7-44,7		0,01-0,1	
olki 4-6	44-46	5,0-5,5	45-46		0,01-0,1	

Kiinteiden polttoaineiden kaasutuksessa palaminen on epätäydellistä. Kaasu sisältää häkää ja useita orgaanisia yhdisteitä. Siitä on löydetty pieniä määriä mm. bentseeniä, etikkahappoa, formaldehydiä ja fenoleita. Kaasussa on myös polyaromaattisia hiilivetyjä esim. bentsopyreeni. Näistä useiden on todettu olevan terveydelle vaarallisia. Sen vuoksi kaasunkehittintä ei saa käynnistää eikä käyttää suljetussa tilassa. Lisäksi on varottava hengittämästä kehittimestä tulevia kaasuja sekä huolehdittava kondenssinesteiden asiallisesta käsittelystä.

#### Polttoainesuositukset

Kaasunkehittimeen sopivaa polttoainetta valittaessa voidaan myötävirtakaasuttimeen suositella lähinnä puupohjaisia polttoaineita.

- Paras polttoaine kaasutuksen kannalta on puuhiili. Sen käyttöä rajoittaa hankala valmistus ja siinä hukkaan menevä energia.
- Toiseksi paras kaasutuksen kannalta on pilke. Pilkkeestä saadaan tasalaatuista kaasua ja kaasutusprosessi on helppo hallita. Hidas ja työläs valmistus rajoittaa pilkkeen käyttöä.
- Seuraavana on hake. Se tarvitsee erityisjärjestelyjä jatkuvan kaasutuksen takaamiseksi. Tällaisia ovat arinan ajoittainen liikuttelu, jotta kaasuvirtausvastus pysyisi kohtuullisena ja paikoillaan käytettäessä tarpeellinen täristys holvaantumisen estämiseksi. Lisäksi on muistettava että mitä hienojakoisempaa ja kevyempää hake on, sitä vaikeampaa on sen kaasuttaminen. Siten esim. sahanpuru ja kutterinlastu eivät sovellu tähän, koska riittävää

ja läpäisykykyistä pelkistyshiilikerrosta ei muodostu ja polttoaine holvaantuu hyvin usein.

Polttoaineen tulee täyttää seuraavat laatutekijät:

- Kosteuspitoisuus n. 10 %, korkeintaan 20 %.
- Mahdollisimman tasainen palakoko, mukana ei saa olla tikkuja, purua eikä hyvin suuria kappaleita.
- Puun tulee olla tervettä, esim. lahonnut puu ei kelpaa.
- Joukossa saa olla myös pihkaa sisältäviä puulaatuja. Puuta ei tarvitse kuoria, vaan se voidaan käyttää kuorineen. Toisaalta pelkkä kuoriaines ei käy, koska kuori sisältää runsaasti tervaa ja sitä kulkeutuu tällöin kaasun mukana. Kuoren tuhka sulaa myös alhaisessa lämpötilassa.

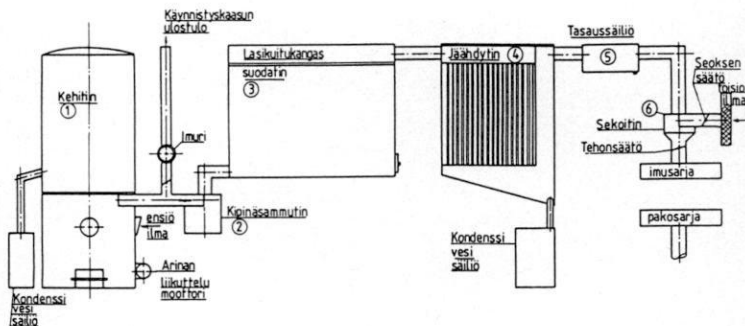


## 5. KAASUNKEHITTINLAITTEISTO

## Toimintaperiaate

Pääongelmana polttomoottorin häkäkaasun tuottamisessa on tervattoman ja hapottoman kaasun saanti. Tämä on yleisimmin ratkaistu myötävirtakaasuttimen, kuva 10, avulla. Ilma johdetaan kehittimeen sen keskiosassa olevien aukkojen, ilmasuuttimen kautta. Palaminen tapahtuu alaspäin. Kaasu ja polttoaine liikkuvat samaan suuntaan. Häkä imetään arinan läpi, kaasua ei yleensä oteta kehittimestä alhaalta, vaan kaasuvirta käännetään kulkemaan ylöspäin pitkin tulipesän ympärillä olevaa vaippaa, jolloin se luovuttaa osan lämmöstään kylmälle palamisilmalle nostaten näin kaasun lämpöarvoa. Kaasunkehittimestä häkäkaasu johdetaan suodattimeen ja jäähdyttimen kautta sekoittimeen. Sekoittimessa muodostetaan kaasun ja ilman seos, joka johdetaan moottoriin, kuva 9.

Laitteisto käynnistetään imurilla tai puhaltimella, joilla saadaan aikaan tarvittava veto silloin, kun kaasu ei vielä ole kelvollista moottorissa käytettäväksi. Sytytyksessä voidaan käyttää joko sähkö- tai liekkisytytystä.



Kuva 9. Laitteistokaavio

## Toiminta

Kaasu valmistetaan kaasun kehittimessä, kuva 10, osittaisen palamisen tuloksena. Ilma tuodaan kehittimeen palamisilmasuuttimien kautta. Suutinten edessä oleva polttoaine palaa. Syntyvä lämpö kuivattaa ja hiiltää palamisvyöhykkeen yläpuolella olevan polttoaineen. Uutta polttoainetta laskeutuu palaneen tilalle yläpuolella olevasta säiliöstä.

Palamisvyöhykkeessä syntyneet kaasut ja osa vesihöyrystä kulkevat tulipesässä alaspäin pelkistymisvyöhykkeeseen. Pelkistymisvyöhykkeen muodostaa hehkuva hiilikerros, jonka lämpötila on yli 800°C.

Kulkiessaan tämän hehkuvan kerroksen läpi hiilidioksidi pelkistyy kaavan  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$  mukaan häkäkaasuksi.

Vesihöyry reagoi hehkuvan hiilen kanssa kaavan  $\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{H}_2 + \text{CO}$  mukaisesti

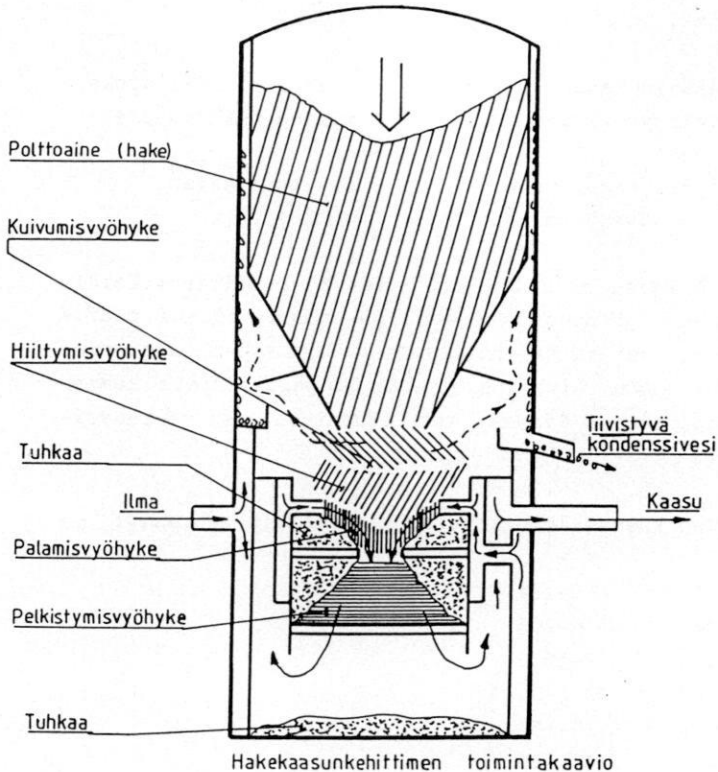
Syntyvä kaasu sisältää siten vetyä ja hiilimonoksidia eli häkää. Lisäksi kaasussa on mukana pieniä määriä metaania ja muita hiilivetyjä. Palavien aineosien lisäksi kaasu sisältää erilaisia palamattomia komponentteja, kuten typpeä, hiilidioksidia sekä vesihöyryjä.

Saatavan kaasun koostumus on keskimäärin seuraava:

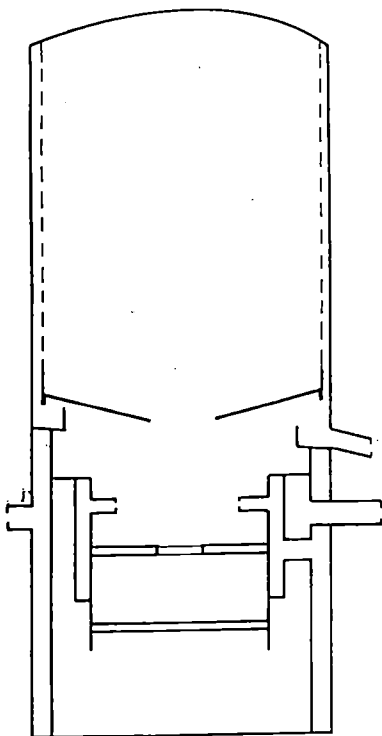
CO	17-22%
H <sub>2</sub>	16-20%
CH <sub>4</sub>	2-3%
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,2-0,4%
CO <sub>2</sub>	10-15%
N <sub>2</sub>	45-50%

Polttoaineen palamisen tuloksena syntyvä tuhka ja hienojakoinen hiili varisevat arinan lävitse kehittimen pohjalle. Hakekäyttöisessä kehittimessä sähkömoottori liikuttaa arinaa, jotta kaasu virtaisi hiilikerroksen läpi esteettä. Hakkeesta syntyvä hienojakoinen tuhka tukkii muuten hiilikerroksen hyvin nopeasti.

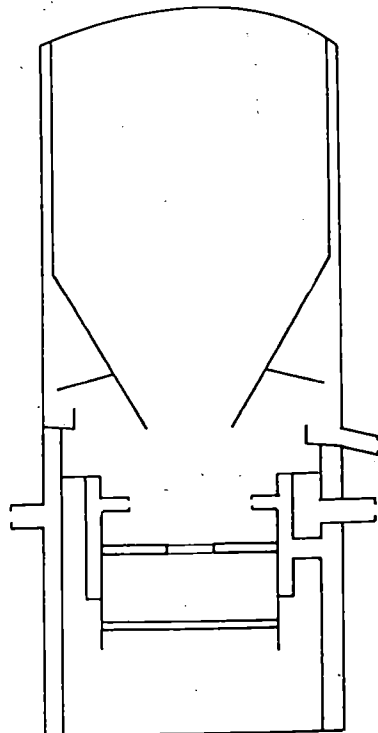
Polttoaineessa oleva kosteus höyrystyy ja osa siitä kuluu polttoainesäiliön seinämille ja tiivistyy siellä takaisin vedeksi. Tämä vesi kerätään erityiseen kondenssivesisäiliöön, josta se on helposti poistettavissa käytön jälkeen.



Kuva 10. Toimintakaavio



Pilkekaasunkehitin kaavio  
(teräsverkkoseinä + ei suppiloa)



Hakekaasunkehitin kaavio  
(suppilo+umpinainen hakeseinämä)

Kuva 11.

Pilke- ja hakekaasutin

## 6. LAITTEISTON RAKENNEMATERIAALIT

Koko häkäkaasulaitteistojen olemassaolon ajan on materiaalin kesto ollut vaikeasti ratkaistavissa. Sopivia raaka-aineita on ollut kyllä olemassa, mutta ne ovat kalliita tai saatavuus kriisitilanteessa on ollut rajoitettua. Nykyään on saatavana uusia kehittyneitä materiaaleja vaikeisiinkin käyttökohteisiin. Hinta vain on edelleenkin korkea tavanomaisiin materiaaleihin verrattuna. Kestävyyden ja hinnan suhteen täytyy rakentajan tehdä omat kompromissinsa. Kohtuullisena kestoikänä ennen peruskorjausta voitaneen pitää n. 3000 h (keskim. 5 v). Erittäin rankasti rasitetut osat voidaan kuitenkin tehdä helposti vaihdettaviksi ja siten sallia niille huomattavasti lyhyempi kestoikä, mikäli parempia ja kestävämpiä aineita on vaikea saada. Käytettävien aineiden tulee olla helposti hitsattavia ja lämpötilojen vaihteluissa mahdollisimman hyvin muotonsa säilyttäviä.

Tulipesärengas, ilmasuuttimet, arina

Kovimmalle rasitukselle kehittämissä joutuvat tulipesärengas ja arina, jotka ovat välittömässä kosketuksessa hehkuvan hiilikerroksen kanssa. Käytön aikainen olosuhde on hiilettävä. Seisokkien aikana puun kuivatuslaustuotteita saattaa kulkeutua tulipesään. Syövyttävien niistä on etikkahappo. Materiaalin tulee kestää lämpötilan vaihteluja  $-40...+900$  °C välillä kehittimen seisonta- ja käyntijaksojen aikana. Suuttimien kohdalla tilanne on hieman helpompi, koska palaminen ei ole ilman suutintien läheisyydessä vielä kiihvainta ja lisäksi kylmä ilma huuhtelee suuttimia sisäpuolelta. Myös suutintien on kestävä etikkahapon syövyttävää vaikutusta. Käytön aikana arina ja tulipesärengas ovat punahehkuisia.

Tulipesärenkaissa, ilmasuuttimissa ja arinoissa käytettävän raaka-aineen vaatimuksia

- kestettävä lämpöä  $-40...+900$  °C
- kestettävä kemiallisesti vettä, happoja, tervaa, hiiletystä
- kestettävä kolhuja
- säilytettävä muotonsa ja oltava jäykkä
- oltava helposti hitsattava ja työstettävä

Tulipesärenkas, ilmasuuttimet ja arina ovat kehittämissä toiminnan kannalta kriittisiä. Kannattaa käyttää parhaita mahdollisia materiaaleja, mikäli niitä vain on saatavana. Lisäksi tulipesärenkas, suuttimet ja arina on tehtävä helposti vaihdettaviksi mahdollisen rikkoutumisen tai polttoaineen tai moottorin vaihtumisen varalle.

Tulipesän vaippa, ilmakehät, kondenssisäiliö, polttoainesäiliön ala- ja yläosa

Näissä lämpötilat ovat  $-40...+700$  °C. Myös näissä vaikuttavat kaikki kuivatisläuseet. Pitkää kestoikkää haluttaessa, pitää käyttää varsinkin kemiallisesti kestäviä aineita: Kuuma, kostea vesihöyry ja sen mukana tulevat happoliuokset asettavat rakennemateriaalin kovalle koetukselle. Lisäksi aineiden tulee olla helposti hitsattavaa ja muotonsa säilyttävä.

Suodattimen sisäosat, sekoitin, kipinäsammutin

Suodattimeen tulevan kaasun lämpötila saattaa täysin kuormitettuna olla jopa yli  $400$  °C. Kaasun mukana tuleva vesi tiivistyy seinämille, mikäli suodatinta ei ole

lämpöeristetty. Syntyvä vesiliuos on alkaalista. Lasi-kuituinen suodatinkangas asetetaan tukirautojen päälle, jolloin rautojen on oltava näissä lämpötiloissa muoton-  
sa säilyttävää. Näiden vaatimusten täyttämiseen kelpaa-  
vat hyvin tavanomaiset rakenneteräkset, esim. Fe 37.

#### Jäähdytin

Jäähdytintä rasittaa ulkopuolella raitis, kylmä ilma ja pöly sekä sisäpuolelta kuuma jopa 300 °C kostea kaasu. Sen vuoksi sen on kestettävä lämpöä -40...+300 °C ja kemiallista syöpmistä. Tinauksia ei sallita. Jäähdytin-putket juotetaan esim. messingillä ylä- ja alakokooja-säiliöihin. Paremmat jäähdytystuloksen aikaansaamiseksi putket on rivoitettava. Jäähdytinputkiksi soveltuu kupari, messinki tai alumiini. Putkien sisähalkaisijana on 10 mm sopiva, koska kaasu on likimain puhdasta, eikä jäähdytin näin ollen tukkeennu helposti. Varsinkin ala-osa on syytä tehdä avaraksi, jotta välttyttäisiin tiivistyvän veden vahtoontumiselta. Lisäksi alaosaan on asennettava tiivis n. 10 l suuruinen kondensoituvan neste-  
teen keräyssäiliö, jonka on kestettävä nesteiden syövyt-  
tävät vaikutukset.

#### Putkisto

Kaasuputkisto rakennetaan hyvin hitsattavasta ja tiiviistä teräsputkesta. Halkaisijan on oltava kyllin suuri, jottei tulisi tarpeetonta imuvastusta. Putkiston olisi oltava mahdollisimman lyhyt ja suora, jyrkkiä mutkia on vältettävä.

## 7. LAITTEISTON RAKENNESELOSTUS

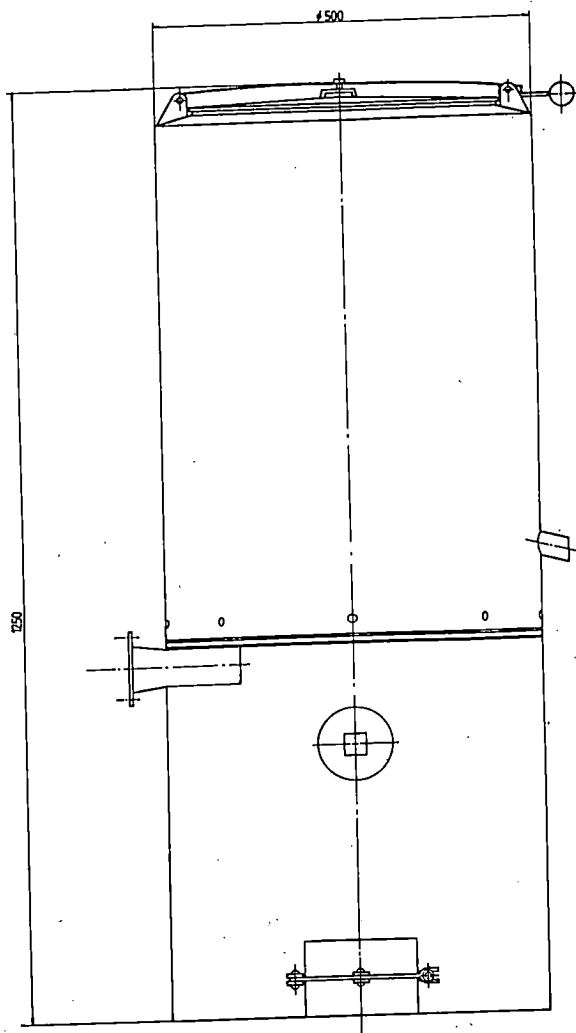
## Kehitin

Kaasunkehitin on esitetty kuvissa 12-15. Kehitin, kuva 12, koostuu kolmesta pääosasta: ulkovaipan yläosa eli polttoainesäiliö, kuva 13, ulkovaipan alaosa, kuva 14 ja tulipesä kuva 15.

Ulkovaipan yläosa, kuva 13, muodostaa laitteen polttoainesäiliön, jonka koko riippuu halutusta polttoaineen täyttösvälillä. Piirustuksen mitoitus vastaa keskiras-kaassa työssä noin 4 l moottorilla noin yhden tunnin käyttöä. Mikäli halutaan pidempi täyttöväli, voidaan säiliön korkeutta tai leveyttä lisätä. Polttoainesäiliö koostuu teräslieriöstä, jonka sisäpuolelle on ripustettu seinämästä 10 mm päähän ohutlevystä valmistettu lie-riö. Sisempi lieriö on kiinnitetty ulkovaippaan yläpäästään kaasutiiviisti, jotta kannen aukaisun yhteydessä kehittimestä tulisi mahdollisimman vähän kaasuja ulos. Edelleen ulkovaipan sisäpuolella on levystä tehty polttoaineen ohjaussuppilo. Mikäli käytetään pilkettä, sup-piloa ei tarvita, kuva 11. Hake vaatii ohjaussuppilon ja tarkalleen vielä oikean kaltevuuden. Mikäli kalte- vuus ei ole sopiva, hake holvaantuu herkästi ja hakkeen palaset tarttuvat (palavat) kiinni suppiloon. Sopivasti muotoiltuna suppilo edistää hakkeen tasaista valumista tulipesään ja parantaa polttoaineen kuivumista. Suppi- lon sopiva kaltevuus on 60° ja alaosan läpimita n. 4 l moottorille on 200 mm. Mikäli kehittimen koko muuttuu, tulee suppilon alaosan läpimitan olla 2/3 tulipesän hal- kaisijasta. Suppilon alapään etäisyys suutintasosta tu- lee olla n. 200 mm. Jos polttoaineen palaset palavat kiinni suppiloon, sitä on nostettava ylöspäin. Suppi- loon on lisäksi hitsattava tiivistyvän nesteen ohjaus- levy, josta neste valuu keräysuraan. Ulkovaipan sisäpuo-

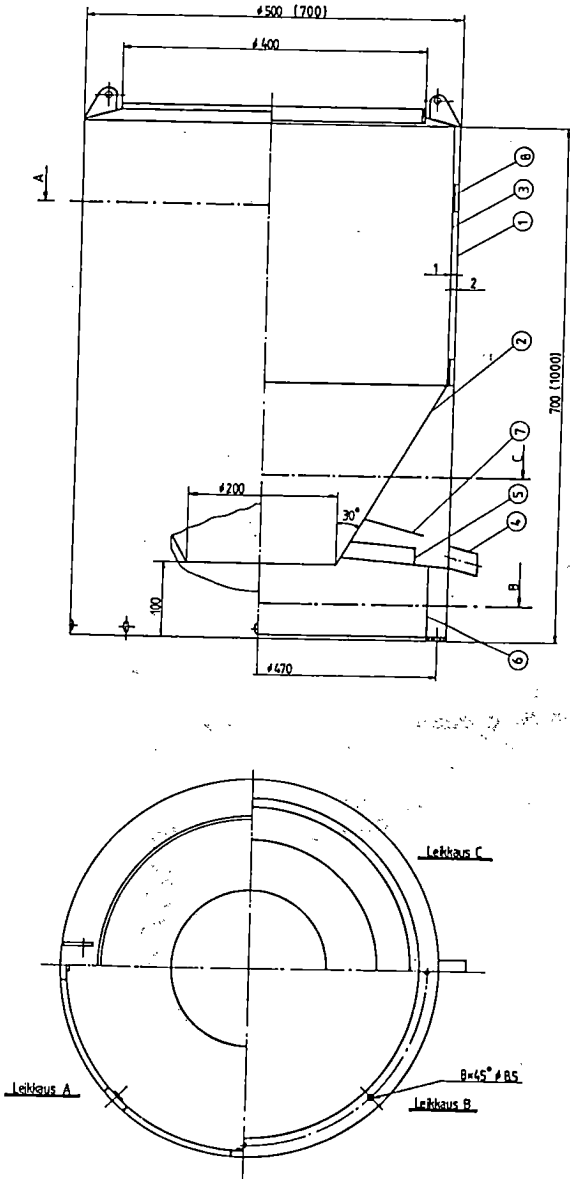


lolla on lisäksi kondenssiveden keräysura, josta on yhde ulkopuolelle. Uran on oltava kalteva, jotta siihen keräytyvät nesteet valuisivat helposti ulos keräilyastiaan. Keräilyastian on oltava myös kaasutiivis ja riittävän tilava. Keräilyastian sopiva koko on 10 l. Jos ura ei ole kalteva, se tukkeutuu nopeasti eikä kehitin toimi toivotulla tavalla, sillä kosteus ei pääse tulipesästä pois tätä kautta. Alareunassa vaipan sisäpuolella on laippa, jolla säiliö liitetään muuhun kokonaisuuteen. Asennuksen helpottamiseksi ulkokuoreen tehdään aukot kiinnityspulttien kohdalle. Laippa ja kondenssaura yhdistetään sisäpuolella hitsaamalla, jolloin ulkokuoren aukot eivät vaikuta kaasutiiveyteen.



Kuva 12.

Kaasunkehitin

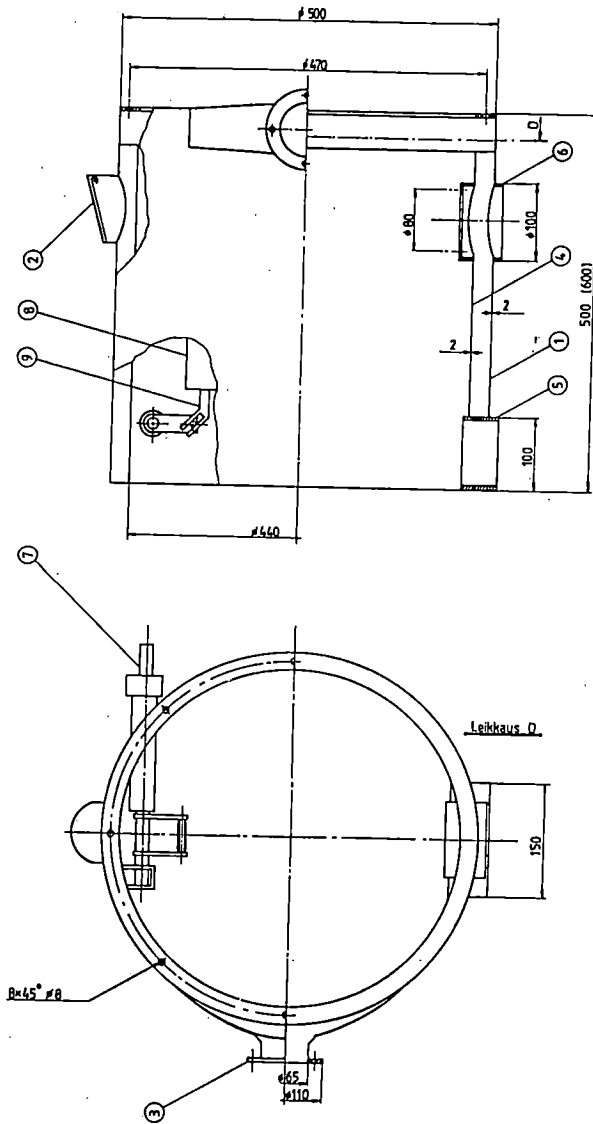


Kuva 13. Kaasunkehittimen yläosa

Polttoainesäiliön kannen tiivisteenä voidaan käyttää silikoniputkea tai hyvin grafiitilla voideltua asbestinauhaa. Kansi on kiinnitetty lehtijouseen, jonka jousivoima tiivistää kannen. Kansi toimii myös varoventtiilinä, jonka kautta paine pääsee vaarattomasti purkautumaan, jos kaasu syttyy tulipesässä tai polttoainesäiliössä.

Ulkovaipan alaosa, kuva 14, on pohjastaan suljettu lieperiö, jonka seinämät ovat osittain kaksinkertaiset. Kaksoseinämän välistä johdetaan tulipesään kehittimen tarvitsema ensiöilma. Tällöin ensiöilma lämpenee ja hyödynetään kehittimen hukkalämmön. Kaasu johdetaan suodattimeen alaosan (3) yläpäästä, jossa seinämä on yksinkertainen. Palamisilma otetaan sisään takaiskuläpän kautta (2) ja johdetaan ilmanavaa myöten kehittimen ympäri ja sytytysaukon (6) kohdalta edelleen tulipesän ilmanavaan. Tulipesän ilmanava ja ulkovaipan ilmanava on liitetty toisiinsa laippaliitoksella. Sytytysaukko on suurehko, jotta laippaliitos päästäisiin kiristämään sen kautta. Alaosassa on lisäksi puhdistusaukko (5), joka on johdettu kaasutiiviisti ilmanavan läpi alaosan sisälle. Aukko on varustettu tiiviisti sulkeutuvala kannella. Tiivisteenä voidaan käyttää grafiitilla voideltua asbestinauhaa. Ulkovaipan yläosa liittyy alaosaan laipalla, jossa kiinnitysruuvit ovat kanta alapäin (M8). Alaosassa on lisäksi seinämän läpi viety ariinan liikutteluakseli (7), joka on tiivistetty kaasutiiviisti asbestinauhalla.

Takaiskuläppä (2) on yläreunastaan laakeroitu itsestään sulkeutuva sisäänpäin aukeava pelti, joka on sovitettu ko. putkeen. Takaiskuläpän tehtävänä on kehittimen ollessa pysäytettynä estää ilman pääsy kehittimeen ja kaasun ulostulo kehittäimestä.



Kuva 14. Kaasunkehittimen alaosa

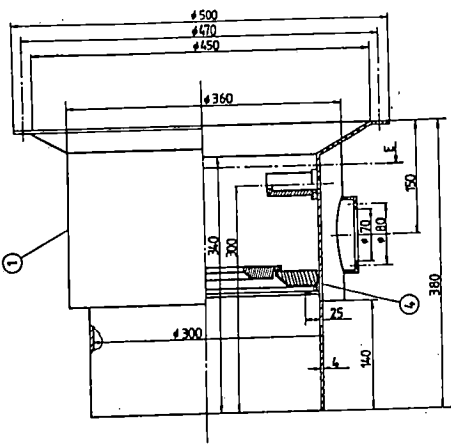
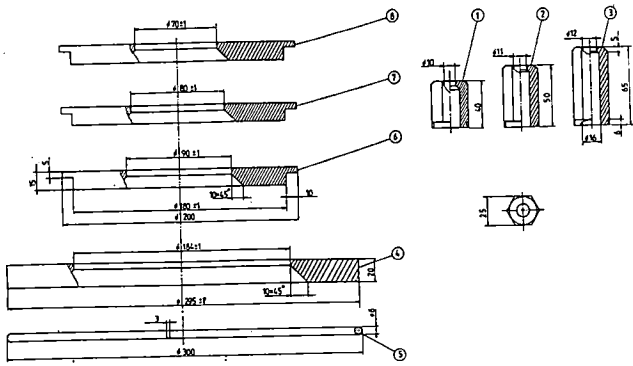
## Tulipesä

Tulipesä, kuva 15, koostuu läpimitaltaan 300 mm olevasta lieriöstä ja sen ympärille rakennetusta ilmakanaavasta, joka liittyy  $\phi$  100 mm laipalla ulkovaipan ilmakanavaan (2). Ilmakanaavasta ilma kulkee suuttimille, joita on 8 kpl tasaisesti tulipesän kehällä. Yksi suutin on sijoitettava ulkovaipan ilmakanaavan (2) kohta, jotta kehittimen käynnistäminen helpottuisi ja nopeutuisi, koska sytytysliekki pääsee näin suoraan tulipesän polttoaineeseen. Suuttimet on kiinnitetty kierteellä, jotta ne voidaan helposti vaihtaa mahdollisen vaurioitumisen tai moottorikoon muutoksen vuoksi. Suutinten alapuolelle on hitsattu kannatin, jonka päälle säätörenkaiden kannattamana tulee tulipesärenkaan kannatin ja tulipesärenkas. Säätörenkaiden ja tulipesärenkaan irrallisuus mahdollistavat kehittimen muuttamisen eri moottoreille ja polttoaineille sopivaksi. Tulipesän alaosan sisälle kiinnittyy neljällä (osa 4) korvakkeella rengasarina, kuva 16. Arinan joka toista rengasta keikutetaan akselin (osa 2) ympäri kehittimen ulkovaipan läpi tuodun akselin liikuttamana. Tällaisella arinalla saadaan hiilikerros liikkumaan ylös-alas, jolloin hieno tuhka ja hiilenpöly putoavat arinan läpi, mutta hiili pysyy arinalla ja imuvastus säilyy kohtuullisena.

## Arina

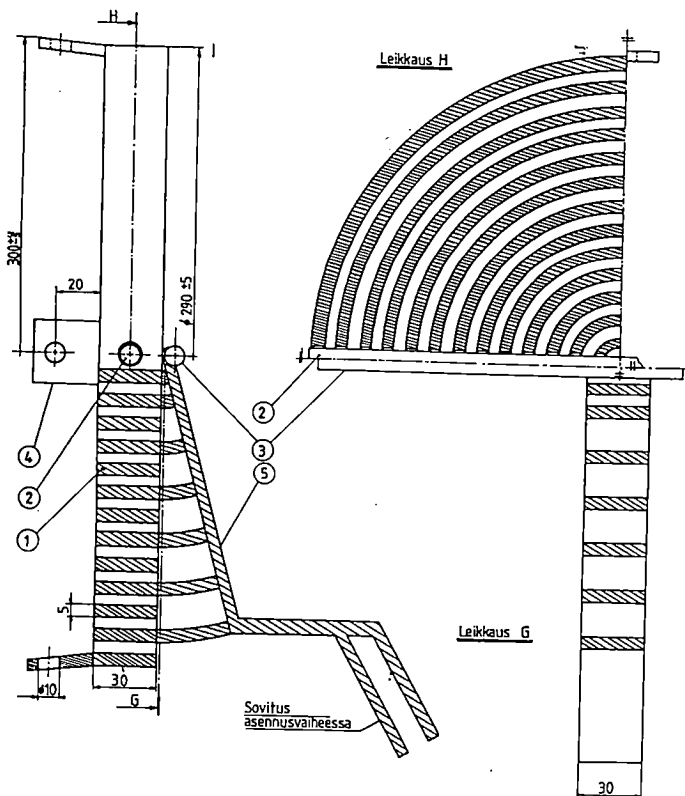
Arina voidaan tehdä 5 x 30 lattateräksestä tai erikoisteräksestä. Latta taivutetaan renkaiksi niin, että ne menevät tasaisesti toistensa sisään. Renkaat laakeroidaan keskeltä (osa 2) ja toisella akselilla (osa 3) hitsataan liikkuviin renkaisiin, niin että joka toinen rengas on liikkuva ja joka toinen paikoillaan. Renkaiden väliksi valitaan käytettävän polttoaineen mukaan esim. 5 mm.

Tulipesä liittyy muuhun kokonaisuuteen yläosassaan olevalla laipalla. Tulipesä on kokoonpanossa ulkovaipan alaosan sisällä. Laippaliitosten välissä käytetään asbestitiivistettä. Suuttimet, tulipesärenkas sekä arinan ja tulipesärenkaan välinen etäisyys valitaan moottorin mukaan. Tulipesärenkaan korkeus suutintason suhteen säädetään korkeudensäätörenkailla sopivaksi. Tässä ovat koko kehittimen tärkeimmät kohdat, tulipesärenkas, ilma-suuttimet, arina ja näiden keskinäinen asema ratkaisevat miten kehitin toimii. Mikäli jossakin näistä on vikaa, tulee kaasun mukana epäpuhtauksia esim. tervaa tai kaasun häikäpitoisuus on pieni.



Kuva 15. Tulipesä





Kuva 16. Arina

## Kaasunsuodatin

Kaasun jäähtymisen estämiseksi suodatin, kuva 18, asennetaan lämpöeristettyyn koteloon. Suodatin toimii vain, jos kaikki kaasun sisältämät höyryt pysyvät höyryinä suodattimen läpäistessään. Näin suodatin pysyy kuivana ja sen virtausvastus kohtuullisena. Itse suodatin on lasikuitukangasta joka kestää lämpöä 500 °C. VAKOLAN kaasuttimessa käytetty lasikuitukangas oli belgialaista. Sitä markkinoi Suomessa Holmar Oy ja se on tyypiltään clark-schwbel 604-3/CS 323. Kangasta toimittaa myös Safematic Oy.

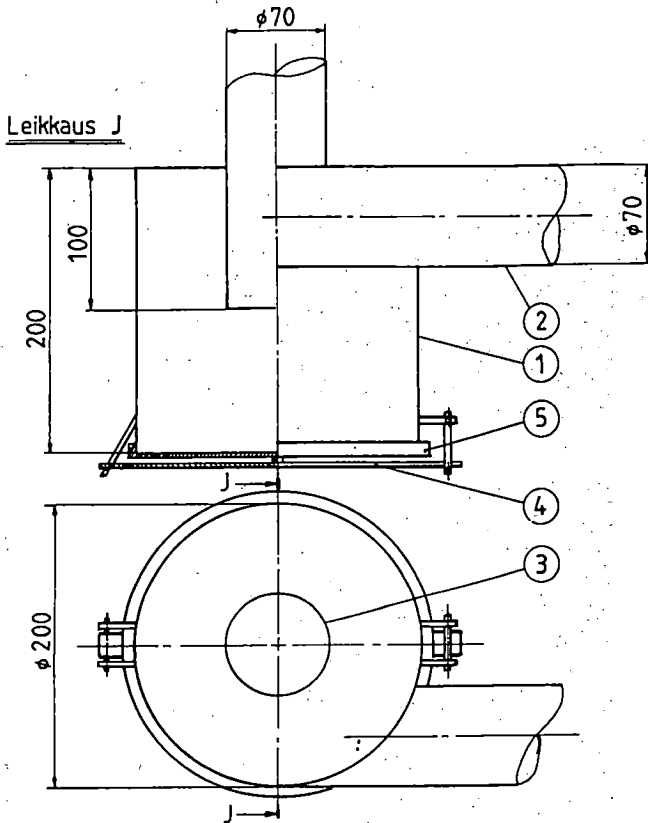
Suodattimen toiminnan kannalta on oleellista, ettei kaasu pääse virtaamaan yläosan kokoojatilaan mistään muualta kuin kankaiden läpi. Tätä varten kankaat ommellaan moninkertaisin saumoin ja tukikehiköiden sekä ripusritilän väli tiivistetään kuumuutta kestäväällä liimalla. Ompelulankana on lasikuitu- tai kuparilankaa. Suodatinkotelon alapäässä on puhdistusaukko, joka on varustettu täysin tiiviillä kannella. Myös kaasuputkien liitosten ja kotelon saumojen on oltava täysin tiiviitä. Putkistoon vuotava ilma johtaa kaasun syttymiseen, jolloin kehittyvä kuumuus tuhoaa suodattimen muutamassa minuutissa.

Tiiveyden lisäksi on tärkeää, että ennen varsinaisia suodatinkankaita on asennettu kipinäsammutin, kuva 17. Tähän soveltuu parhaiten pieni sykloni. Syklonissa hehkuvat hiilipartikkelit sammuvat eivätkä aiheuta siten vahinkoa suodatinkankaissa.

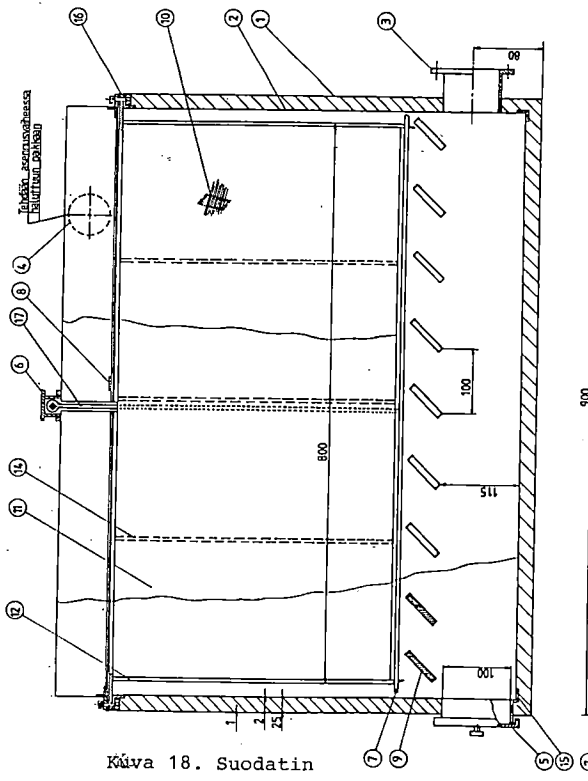
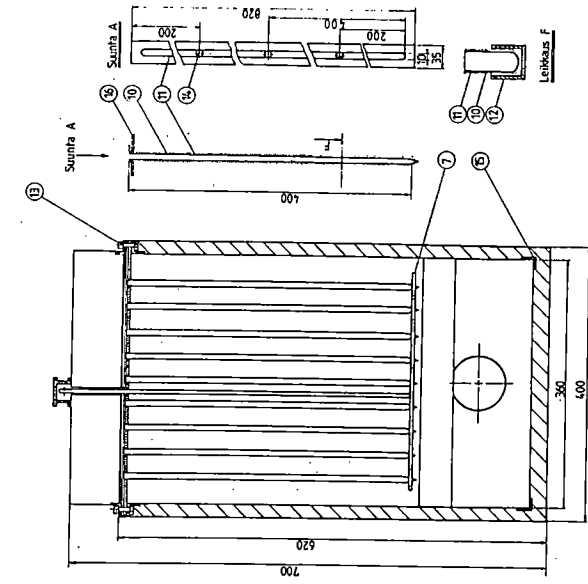
Suodatinkankaan pinta-alan on oltava esim. 4 l moottorilla vähintään 4 m<sup>2</sup>. Jos mahdollista voidaan asentaa esim. 2 suodatinta rinnan. Mitä suurempi suodatin

on, sitä helpommin se pysyy puhtaana. Hyvin hienojakoinen hiilenpöly ja tuhka tukkivat pienen suodattimen nopeasti. Vaikka suodatinta olisi suurikin, on suodatinkangas puhdistettava ajoittain. Yksinkertaista ja helppoa puhdistusmenetelmää on vaikea toteuttaa. Minkäänlainen mekaaninen puhdistus, esim. rapsutus, ei sovi, koska suodatinkangas kuluu rikki. Tyydyttävä tulos saadaan siten, että kankaan pinnalle jätetään ohut kerros hiilipölyä ja vain paksuimmat kohdat poistetaan kankaisiin koskematta. Suodatinlevyn päihin on asennettu tukiraudat, kuva 18, joihin puhdistuskehikko (osa 7) nojaa. Puhdistuskehikko liikkuu käsin ylösalas suodatinlevyjen välissä. Suodatin on puhdistettava viikottaisen, huollon yhteydessä. Samalla on myös poistettava alaosaan varisevat aineosat tuhkan poistoluukusta (osa 5). Puhdistusta ei saa laiminlyödä, vaikka se onkin ikävää nokeavuutensa vuoksi.

Suodatin ja kylminä vuodenaikoina myöskin kaasuputket on lämpöeristettävä esim. vuorivillalla, jottei kaasusta kondensoituisi nesteitä suodatinkankaiden pinnoille.



Kuva 17. Sykloni



Kuva 18. Suodatin

17	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
18	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
19	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
20	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
21	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
22	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
23	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
24	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
25	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
26	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
27	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
28	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
29	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
30	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
31	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
32	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
33	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
34	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
35	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
36	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
37	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
38	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
39	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
40	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
41	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
42	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
43	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
44	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
45	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
46	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
47	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
48	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
49	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
50	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
51	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
52	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
53	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
54	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
55	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
56	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
57	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
58	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
59	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
60	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
61	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
62	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
63	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
64	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
65	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
66	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
67	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
68	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
69	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
70	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
71	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
72	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
73	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
74	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
75	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
76	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
77	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
78	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
79	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
80	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
81	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
82	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
83	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
84	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
85	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
86	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
87	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
88	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
89	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
90	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
91	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
92	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
93	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
94	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
95	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
96	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
97	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
98	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
99	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10
100	REKREASIKAN	Pa. P.	8.10

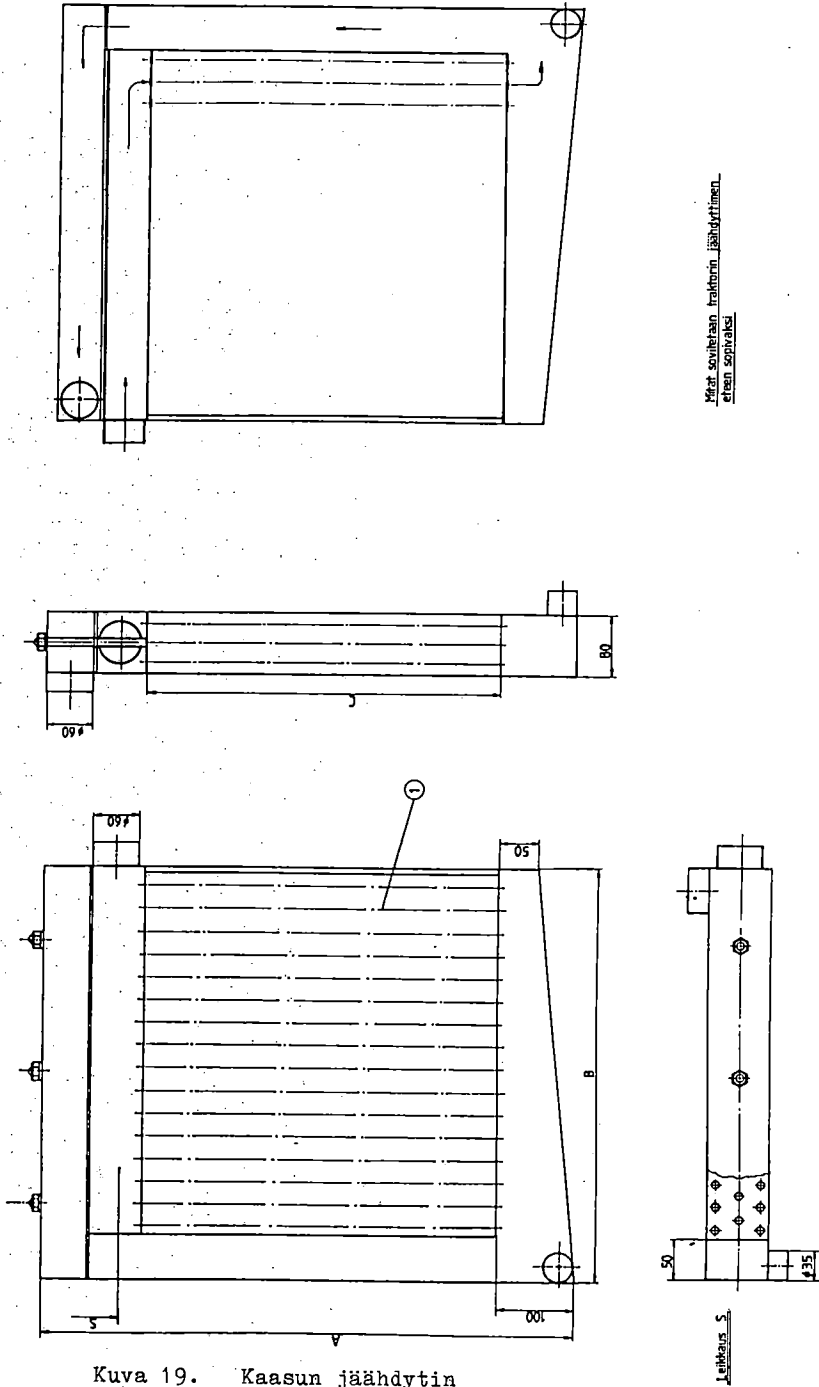
Lashuhangassudatin

KBe - 610

## Kaasun jäädytin

Kaasun jäädytin kootaan rivotetusta kupari-, alumiini- tai messinkiputkista. Putken sisähalkaisija on 10 mm ja rivoitettu ulkohalkaisija 15 mm. Kaasun virtaussuunta kaikissa putkissa on alaspäin, näin jäähtymisen aikana syntyvät kondenssinesteet keräytyvät alasäiliöön. Kaasu johdetaan jäädyttimen sivulla olevaa avaraa kanavaa pitkin yläsäiliön päälle ja siitä edelleen moottorille. Alasäiliöstä lähtevä kanava on avara, jotta kaasun virtausnopeus olisi alhainen ja näin mahdollisimman suuri osa kondenssinesteistä jäisi alasäiliöön. Alasäiliön pohjan tulee olla hieman kalteva tyhjennysaukon suuntaan, jotta kondenssinesteet valuisivat nopeammin ja helpommin pois. Keräysastian tulee olla 10 l suuruinen. Kylmissä oloissa saattaa olla eduksi lisäksi eristää osa lämmönvaihtimesta ja jäädyttimestä moottorille menevä putki kaasun liiallisen jäähtymisen estämiseksi.

Traktorissa ei ajoviima riitä jäädytykseen. Paras jäädyttimen sijoituspaikka on traktorin oman jäädyttimen edessä, jolloin traktorin oma tuuletin saa aikaan tarvittavan ilmavirran. Joka traktorimallille on oma mitoituksensa. Jäädyttimen koko on sellainen, että jäädytinputkien sisähalkaisijoiden mukaan laskettu pinta-ala on vähintään jäädyttimeen tulevan putken pinta-ala. Putket voivat olla joko kahdessa tai kolmessa rivissä.



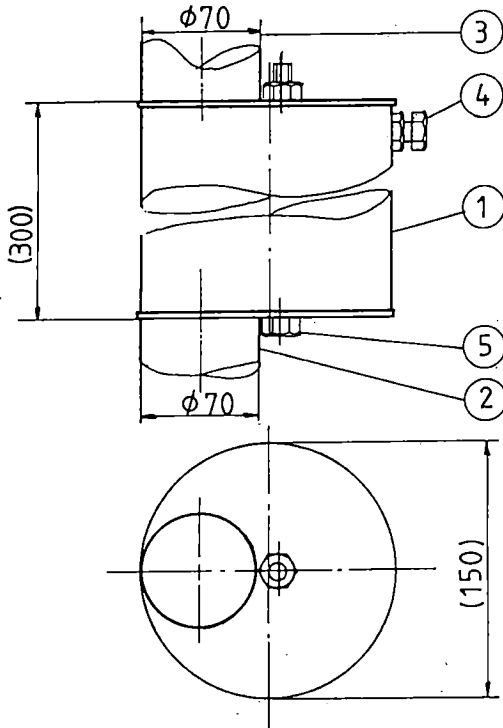
Mitat suhteitaan traktorin jäähdyttimen  
 eteen sopivaksi

Kuva 19. Kaasun jäähdytin

Leikkaus S

## Tasaussäiliö

Jäähdyttimen ja sekoittimen väliin asennetaan tasaussäiliö, jolla on kaksi tehtävää. Sen tulee toisaalta tasata pieniä kaasun määrän ja tehontarpeen vaihteluita, jolloin moottori käy tasaisemmin ja toisaalta se toimii viimeisenä puhdistimena. Tasaussäiliö tulee täyttää puhdistuksen tehostamiseksi metalliverkolla esim. pehmeä, helposti taivutettava metalliverkko silmäkoko 15 mm x 15 mm. Tasaussäiliöön kondensoituu nestettä, joka on sieltä poistettava ajoittain, esim. kerran päivässä.



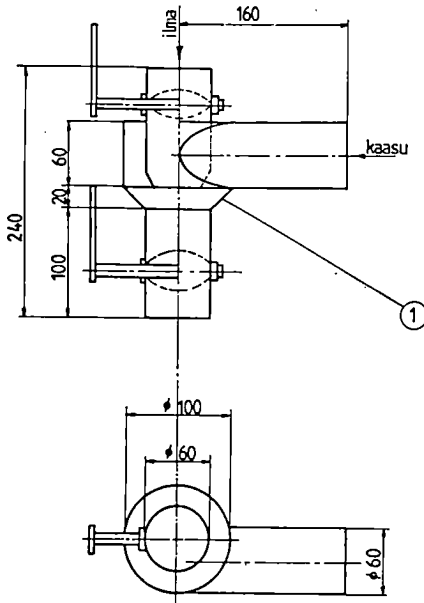
Kuva 20. Tasaussäiliö



## Sekoitin

Kaasu sekoitetaan moottoriin virtaavaan ilmaan tangenti-  
aalisesti. Näin saadaan aikaan pyörimisliike ja tehokas  
sekoittuminen. Kaasuseoksen rikkautta säädetään ilmaput-  
kessa ennen sekoituskappaletta olevalla läpällä, jonka  
ei tarvitse olla ehdottoman tiivis. Moottoriteho sääde-  
tään sekoituskappaleen jälkeen putkessa olevalla läpäl-  
lä. Tämän läpän on oltava tarkasti oikean muotoinen.  
Muuten moottorin joutokäyntiä ei voida säätää.

Läppä varustetaan joutokäynnin säätöruuvilla. Läppien  
laakeroinnin on oltava tiiviit, esim. polyamidi(nylon)  
tai polytetrafluorieteeni on sopivaa materiaalia laa-  
keriheloiksi. Samalla laakerointi on huoltovapaa. Lämp-  
pien käyttö on varmintä vipujen avulla. Vivut kiinni-  
tetään ohjaamoon esim. kojetauluun tai vastaavaan help-  
pokäyttöiseen paikkaan.



Kuva 21. Sekoitin

## Apulaitteet

Kehittimen sytytysilmavirtaa varten tarvitaan imuri tai puhallin. 200-300 W tehoinen ja n. 15 kPa ali- tai ylipaineen tuottava keskipakotuuletin on riittävän tehokas. Tällainen on esim. ohjaamon lämmityslaitteen puhallin. Imuria tai puhallinta valittaessa on syytä huomata, että käynnistysaika on suoraan verrannollinen tehoon, 1000 W käynnistysaika 1 min tai 100 W aika 15 min.

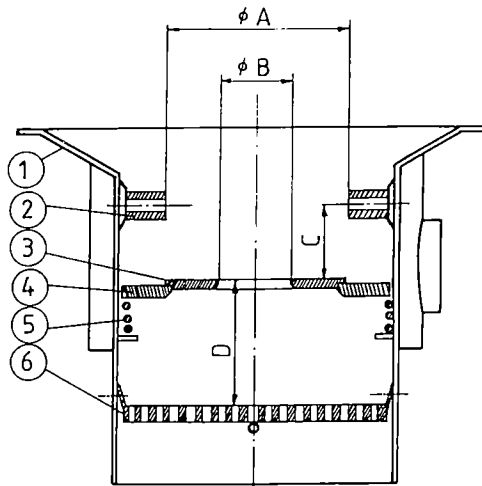
Hakekäyttöisessä kehittimessä tarvitaan välttämättä arinan liikuttelumekanismi moottoreineen. Siihen soveltuu esim. tuulilasinyyhkijän moottori. Moottoria voidaan käyttää joko käsiohjauksella tai käsinsäädettävän jaksokytkimen avulla. Jaksokytkimen jakso on voitava säätää tehontarpeen ja käytettävän hakkeen koon mukaan sopivaksi. Tällöin arina puhdistuu tuhkasta ja hienosta hiilenpölystä ja inuvastus pysyy kohtuullisena. Liikuttelumoottori voidaan kiinnittää haluttuun kohtaan alustaan tai kehittimeen ja liike johdetaan arinalle vipuvarsiavulla.

## Laitteiston mitoitus

## Perusteet

Lähes kaikki maamme traktorit ovat suoraruiskutusdieselmootorein varustettuja ja moottoritulavuudeltaan 3...6 litraa. Tämä varsin rajoitettu kokoluokka johtaa yhteen kaasuttimen perusmalliin, johon tarkempaa mitoitusta vaativat osat ovat moottorikoon mukaan vaihdettavissa. Suodatin voidaan tehdä myös vakiomittaiseksi siten, että suurimpien moottorien kanssa käytetään kahta suodatinta rinnan. Myös jäähdytin ja muut apulaitteet voivat olla kaikille samoilla, riittävän suurilla mitoilla tehtyjä.

## Kehittimen mitoitus

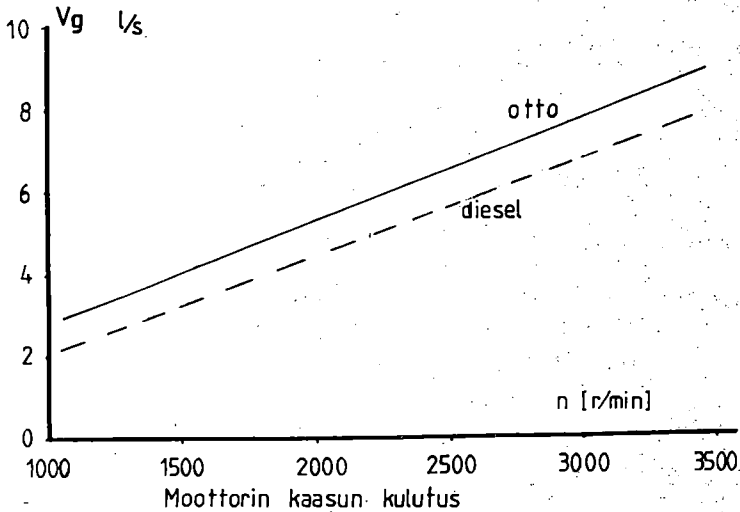


Kaasunkehittimen kriittiset mitat  
(vinoviivoitetut osat helposti vaihdettavissa)

6	Arina
5	Säätörengas
4	Kannatinrenkas
3	Tulipesärengas
2	Ilmasuuttimet
1	Tulipesä

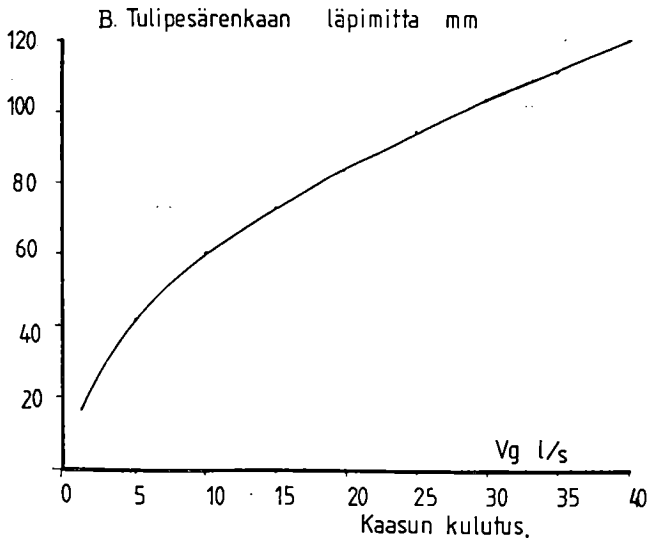
Kuva 22. Kaasunkehittimen mitoitus

Suoraruiskutusdieselmoottorin yleinen suurimman tehon kierros-luku on 2200 r/min. Tällä nopeudella moottorin suurin kaasunkulutus on 5,1 l/sekunti eli 18,3 m<sup>3</sup>/h sylinteritilavuuden litraa kohti. Kaasuttimen suunnittelurajoiksi tulee näin 15 - 31 l/sekunti, mitkä vastaavat 3- ja 6-litraisen moottorin maksimikulutuksia.

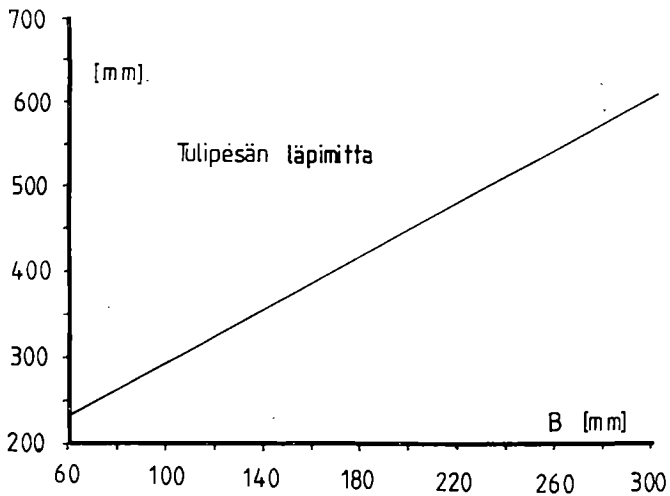


Kuva 23. Moottorin kaasun kulutus sylinteritilavuuden litraa kohti.

Tulipesärenkaan läpimitta, B, saadaan kuvasta 24. Läpimitalle saadaan rajat 70...105 mm, kun moottori on 3-6 l.

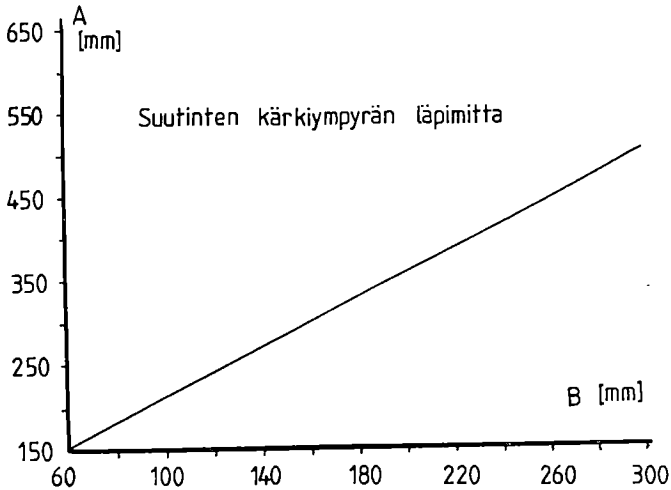


Kuva 24. Tulipesärenkaan läpimitan valinta.



Kuva 25. Tulipesän läpimitan valinta, B = tulipesärenkaan läpimitta

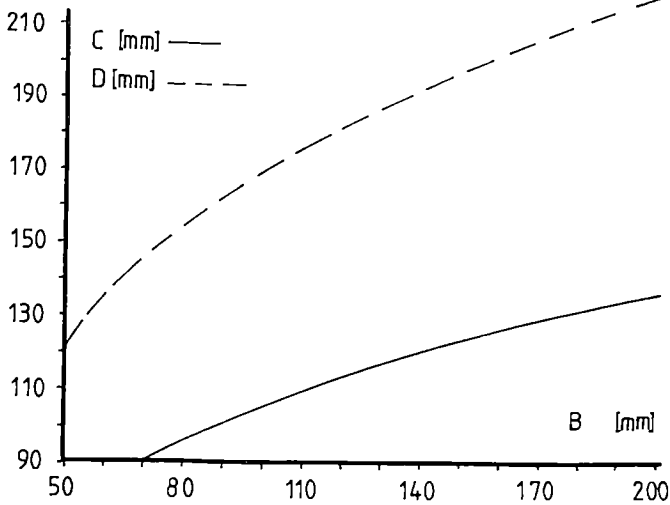
Suutinten kärkiympyrän (A) läpimitaksi saadaan kuvan 26 mukaisesti 170-250 mm.



Kuva 26 Suutinten kärkiympyrän läpimitta, B = tulipesärenkaan läpimitta

Suutintason korkeudeksi tulipesärenkaasta (C) saadaan kuvan 27 mukaan 90-115 mm ja samasta kuvasta tulipesärenkaan etäisyydeksi arinasta (D) 135-180 mm.

Suutinreikien yhteenlaskettu pinta-ala saadaan kuvan 28 mukaisesti. Jos suuttimia on 5 kappaletta, saadaan halkaisijaksi 10...12 mm. Paras tulos saavutetaan, kun puolet suuttimista on pidempiä ja loput kuvan 25 mukaisia. Pituuden rajana on polttoaineen holvautuminen. Suutinten lukumäärä pilkettä polttoaineena käytävässä kehittämissä riippuu tulipesärenkaasta (B).



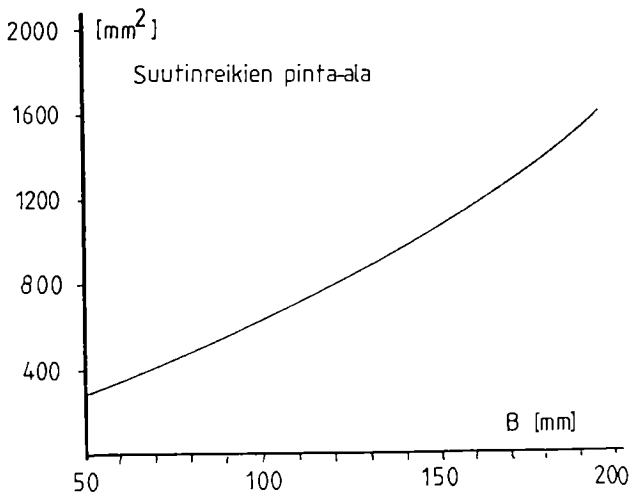
Kuva 27. Suutintason korkeus tulipesärenkaasta C ja tulipesärenkaan etäisyys arinasta D, B = tulipesärenkaan läpimitta

Taulukko 3. Suuttimien lukumäärän valinta

B	suuttimia
70 - 150	5
150 - 220	7
220 - 300	9

Hakekäyttöisessä kehittämissä on syytä käyttää 2-3 suutinta enemmän kuin yllä on suositeltu, jotta ilma jakaantuisi tasaisesti palamisvyöhykkeeseen. Ilma ei kulje hakeessa yhtä vapaasti kuin pilkkeessä.

Tulipesärenkas voidaan tehdä kullekin kuormitukselle, polttoaineelle ja moottorille sopivan kokoiseksi sekä helposti vaihdettavaksi. Tulipesän halkaisija ei kokeiden perusteella ole kovin kriittinen, kunhan se ei ole liian pieni. Kokeissa käytettiin 300 mm halkaisijaa, mutta se olisi voinut haitatta olla ainakin 350 mm. Arinan ja tulipesärenkaan väli on oltava sopiva. Liian pienessä välissä ei ehdi häkää ja lämpöä muodostua riittävästi. Liian suuri väli aiheuttaa suuren inuvastuksen ja kaasun virtaa helposti tulipesän reunasta.



Kuva 28. Suutinreikien yhteispinta-ala, B = tulipesärenkaan läpimitta

#### Arina

Hakekäyttöisessä kehittimessä on oltava liikkuva arina, kuva 16. Arinan liikuttelua tarvitaan käytön aikana, kun arinan päällä oleva pelkistyshiilikerros tukkeentuu tuhkasta ja hiilimurskasta. Arinaa liikuttamalla saadaan hienojakoinen aines poistetuksi hiilikerroksesta, jolloin hiilikerroksen virtausvastus alenee. Arina voidaan valmistaa hyvästä, lämpöä kestävästä teräksestä. Koska arinaraudat on taivutettu pyöreiksi renkaiksi, se edesauttaa niiden lämmönkestävyyttä ja muodon säilymistä.



## Kaasuputket

Putkisto valmistetaan riittävän suurihalkaisijaisesta putkesta. Putkistoa muotoillessa pyritään putket saamaan mahdollisimman lyhyiksi ja suoriksi. Putken halkaisija voidaan laskea yhtälöstä

$$dp = 15,2 \sqrt{V_g}$$

$dp$  = putken halk. (mm)

$V_g$  = moottorin kaasunkulutus l/s

Kaasun virtausnopeus on tällöin n. 5,5 m/s.

Esimerkiksi kaasuttimen mitoituksesta, kuva 22.

VAKOLASSA rakennettiin kaasuttimet Valmet 702 traktoriin sekä Jeep moottoriin. Moottoreiden tekniset arvot olivat seuraavat

### Valmet

Sylinteritilavuus 4,2 l  
Nimellisa nopeus 2200 r/min  
Sylinteriluku 4

### Jeep

Sylinteritilavuus 4,2 l  
Nimellisa nopeus 3500 r/min  
Sylinteriluku 6

## Pienhakekaasutin

Valmet 702

## Kierroslukualue

1500 - 2200 r/min

1. Tulipesän halk. 300<sup>o</sup> mm
2. Ilmasuuttimet  $\phi$  11 mm
  - 4 kpl 50 mm
  - 4 kpl 65 mm
6. Arina - lattaraudasta
  - 5 x 30 mm
  - väli 4 mm
- A. Ilmasuuttimien kärkiympyrän  $\phi$  170 mm ja 200 mm
- B. Tulipesärengas  $\phi$  70 mm
- C. Väli -ilmasuutin tulipesärengas 90 mm
  - arina tulipesärengas 135 mm

Jeep

## Kierroslukualue

1000 - 3500 r/min

1. Tulipesän halk. 350 mm
2. Ilmasuuttimet  $\phi$  11 mm
  - 4 kpl 50 mm
  - 4 kpl 65 mm
6. Arina - lattaraudasta
  - 5 x 30 mm
  - väli 4 mm
- A. Ilmasuuttimien kärkiympyrän  $\phi$  170 ja 200 mm
- B. Tulipesärengas  $\phi$  90 mm
- C. Väli -ilmasuutin tulipesärengas 90 mm
  - arina tulipesärengas 135 mm

## Palahakekaasutin

Valmet 702

## Kierroslukualue

1500 - 2200 mm

1. Tulipesän halk. 300 mm
2. Ilmasuuttimet  $\phi$  10 mm
  - pituus 8 kpl 50 mm
6. Arinarautojen väli 5 mm
- A. Ilmasuuttimien kärkiympyrän halk. 200 mm
- B. Tulipesärengas  $\phi$  80 mm
- C. Väli -ilmasuutin tulipesärengas 100 mm
  - arina tulipesärengas 150 mm

Jeep

## Kierroslukualue

1000 - 3500 r/min

1. Tulipesän halk. 300 mm
2. Ilmasuuttimet  $\phi$  11 mm
  - pituus 8 kpl 50 mm
6. Arinarautojen väli 5 mm
- A. Ilmasuuttimien kärkiympyrän halk. 200 mm
- B. Tulipesärengas  $\phi$  90 mm
- C. Väli -ilmasuutin tulipesärengas 100 mm
  - arina tulipesärengas 150 mm

## Pilkekaasutin

Valmet 702

## Kierroslukualue

1300 - 2000 r/min

1. Tulipesän halk. 300 mm
2. Ilmasuuttimet  $\phi$  9,5 mm  
pituus 8 kpl 40 mm
6. Arinarautojen väli 7 mm
- A. Ilmasuuttimien kärkiympyrän halk. 220 mm
- B. Tulipesärenkaan  $\phi$  80 mm
- C. Väli -ilmasuutin tulipesären-  
rengas 110 mm  
- arina tulipesären-  
rengas 170 mm

Jeep

## Kierroslukualue

1000 - 3000 r/min

1. Tulipesän halk. 300 mm
2. Ilmasuuttimet  $\phi$  10 mm  
pituus 8 kpl 40 mm
6. Arinarautojen väli 7 mm
- A. Ilmasuuttimien kärkiympyrän halk. 220 mm
- B. Tulipesärenkaan  $\phi$  90 mm
- C. Väli -ilmasuutin tulipesären-  
rengas 110 mm  
- arina tulipesären-  
rengas 170 mm

## 8. LAITTEISTON ASENNUS AJONEUVOIHIN

Häkäkaasulaitteet ovat varsin suurikokoisia ja niiden asennus heikentää usein näkyvyyttä. Häkäkaasulla ajettaessa on ajoneuvon suorituskyky heikompi ja laitteiston säätö vaatii osansa kuljettajan huomiokyvystä. Lisäksi laitteiston huoltoon ja käyttöön sisältyy omat riskinsä. Turvallisuudesta on huolehdittava. Häkäkaasun käyttäjien on saatava riittävä koulutus tehtävänsä. Erityisesti myrkytysvaaraan on kiinnitettävä huomiota.

Eri ajoneuvotyyppeihin ja merkkeihin on asennus tehtävä yksilöllisesti, ottaen huomioon myös kuljetus- tai työtehtävät.

- Kuorma-autoissa laitteisto asennetaan ohjaamon taakse, mikä vie osan kuormatilasta. Polttoainevarasto voidaan tehdä ohjaamon katolle.
- Henkilöautoissa laitteisto asennetaan erilliseen perävaunuun. Siihen voidaan silloin rakentaa myöskin tila polttoaineelle. Näin säilyy auton kantavuus lähes ennallaan ja autoa voidaan käyttää normaalisti kun nestemäistä polttoainetta on saatavana.
- Traktoreissa laitteisto asennetaan työtehtävän ja työkoneen mukaan useimmiten vasemmalle puolelle. Suodatin voidaan usein asentaa traktorin eteen. Jäähdytin pyritään kuitenkin asentamaan traktorin oman jäähdyttimen eteen, näin taataan jäähdytys myös paikalliskäytössä. Polttoainetta voidaan kuljettaa esim. ohjaamon katolla.
- Kehitin  
Kehitin on kiinnitettävä tukevasti pystysuoraan asentoon. Palonarat laitteet ja kuorma on eristettävä kehittimestä. Kehittimen ulkopinta on täysin rasitettuna jopa 300 oC lämpöinen. Kehittimen rait-

tiin ilman sisäänotto on järjestettävä mahdollisimman kuumasta paikasta esim. pakosarjan läheisyydestä, näin nostetaan kaasun lämpöarvoa ja parannetaan polttoaineen kuivumista. Käynnistystuulettimen poistoputki on suunnattava siten, etteivät kaasut tule ajoneuvon sisätiloihin.

- Kipinänsammutin

Mikäli syklonia ei lämpöeristetä, sen pintalämpö voi nousta jopa 400 °C:een. Asiallisesti lämpöeristettynä se ei aiheuta tulipalovaaraa.

- Suodatin

Lämpöeristetyn suodattimen pinta ei ole kuuma. Suodatin on asennettava tukevasti eikä se saa päästä liikkumaan. Huomiota on kiinnitettävä huollon helpouteen, tuhkan poistoon ja kankaiden puhdistukseen. Suodattimeen tulevan kaasun lämpötila on korkeimmillaan n. 400°C.

- Jäähdytin

Jäähdytin mitoitetaan traktorissa ja paikalliskäytössä ajoneuvon oman jäähdyttimen mittojen mukaisesti ja asennetaan mahdollisimman lähelle sitä, jotta moottorin tuulettimen oma ilmavirtaus riittäisi jäähdytykseen. Mikäli sitä ei saada asennetuksi jäähdyttimen eteen, joudutaan hankkimaan oma esim. sähkötoiminen tuuletin kaasun jäähdyttämiseksi. Autoissa riittää usein ilmavirran jäähdytys. Jäähdyttimeen tulevan kaasun lämpötila on noin 350 °C ja siitä lähtevän noin 35 °C.

- Tasaussäiliö

Jäähdyttimen ja sekoittimen väliin tulee asentaa tasaussäiliö. Sen sopiva tilavuus on 10 l ja se on täytettävä rullalle käärityllä metalliverkolla. Lisäksi se on varustettava tyhjennysaukolla josta kondensoituneet nesteet voidaan helposti poistaa.

- Sekoitin  
Sekoitin asennetaan mahdollisimman lähelle imusarjaa. Siinä kylmä ulkoilma ja häkä sekoitetaan. Sekoitettunut kaasu johdetaan moottoriin.
  
- Putkisto  
Putkiston on oltava mahdollisimman lyhyt ja suora. Varsinkin alaspäin taipuvia mutkia on vältettävä. Putkien on oltava tiiviit ja kyllin tukevat, jotta ne kestävät imun, lämmön ja tärinät. Lisäksi putkien on oltava avarat, jotta vältytään turhalta imuvastukselta. Putkessa kulkevan kaasun lämpötila on korkeimmillaan jopa 450 °C ja alimmillaan 30 °C.
  
- Vivut,  
Seoksen ja tehonsäätöläppien käyttö on varmintä viipujen ja tankojen avulla. Ne on kiinnitettävä ohjaamossa helpokäyttöiseen paikkaan.

## 9. KÄYTTÖ

### Käynnistys

#### A. Tyhjä kaasutin

Tarkistetaan, että kehittimen kaikki osat ovat hyvin paikoillaan esim. tulipesärengas, ilma-suuttimet jne. Tyhjää kaasutinta käynnistettäessä täytetään kaasuttimen tulipesä huolellisesti hyvillä ja tasalaatuisilla hiilillä, raekoko 20...40 mm. Hiilipinnan tulee ulottua tulipesässä 100...150 mm ilma-suuttimien yläpuolelle eli likimain suppilon alareunaan saakka. Arinan ja tulipesärenkaan väli täytetään aivan erityisen huolellisesti hiilillä ja niitä kohennetaan kohennusraudalla. Tämän jälkeen täytetään polttoainesäiliö hakkeella. Jos hake on kosteaa (yli 15 %), on syytä täyttää säiliö vain puolilleen käynnistykseen helpottamiseksi. Hiilien ja hakeen täytön jälkeen suljetaan huolellisesti kaikki luukut. Kaasutin on valmis sytytettäväksi.

#### B. Käytetty, kylmä laitteisto

Mikäli laitteistossa on aikaisemman käytön jäljeltä hiiltä ja haketta, niin se käynnistetään seuraavasti:

1. Avataan kehittimen tuhkanpoistoluukku ja poistetaan arinan alapuolelta tuhka ja hiilipöly. Samalla tarkastetaan silmämääräisesti arinan ja liikkutelumekanismin kunto sekä arinan liike.
2. Avataan täyttöluukku ja kohitaan varovasti kohennusraudalla parista kohtaa hakekerroksen läpi tulipesään. Näin poistetaan mahdollinen holvi. Kovempi kohentelu on tarpeeton ja haitallinen, koska tällöin tulipesän hiilien joukkoon joutuu helposti haketta, mikä aiheuttaa pitkäaikaisen

käynnistyksen ja osien tervaantumisen. Mikäli on tarpeen, lisätään haketta säiliöön. Sopiva hakemäärä sytytyksessä on puoli säiliöllistä. Hakkeen lisäyksen jälkeen suljetaan huolellisesti kaikki luukut ja tarkastetaan, että ensiöilmaläppä aukeaa helposti.

3. Tyhjennetään kipinäsammuttimeen kerääntynyt hieno tuhka ja hiilenpöly. Poistoluukku suljetaan huolellisesti.
4. Tyhjennetään lasikuitukangassuodattimen kotelon pohjalle kerääntynyt tuhka ja hiilenpöly. Tarkistetaan luukun tiiviste. Mikäli se ei ole tiivis, suodattimeen pääsee ilmaa ja lasikuitukanfaat tuhoutuvat muutamassa minuutissa kaasukäytön aikana.
5. Tarkastetaan putkien kunto ja varsinkin kaikki liitoskohdat huolellisesti. Mikäli esim. tiivisteet vuotavat, kaasu syttyy putken sisällä ja vaurioittaa laitteistoa. Laitteisto on nyt valmis sytytettäväksi.

#### C. Kylmän laitteiston sytytys

Sytytys aloitetaan sulkemalla kaasuputken ja suodattimen välinen läppä ja avaamalla käynnistyskaasun ulostuloputken läppä. Käynnistetään imuri. Avataan sytytysaukko ja asetetaan siihen sopiva sytyke, esim. öljyyn kastettu trasselitukko. Annetaan sytykkeen palaa (n. 3 min kuluttua poistetaan) ja imurin imeä tulta kehittimen sisään. Ulostulevaa kaasua voidaan yrittää sytyttää 3...10 min kuluttua esim. tulitikulla. Mikäli kaasu ei pala hyvin poistoputken suulla, niin annetaan imurin edelleen toimia. Sytytyksessä tulee poistoputkesta ensin vaaleaa kaasua. Vaaleus johtuu kaasussa olevasta vesihöyrystä ja tällainen kaasu ei pala eikä sovellu



moottoriin. Vesihöyryn hävitessä kaasusta, voidaan se yleensä sytyttää helposti esim. tulitikulla. Liekin sydänosan ollessa vaalea ja liekin palaessa heikosti jatketaan imurin käyttöä. Liekin värin vaihtuessa lähes näkymättömäksi tai heikosti sinipunertavaksi ja sen palaessa hyvin tasaisesti, voidaan imuri pysäyttää. Lämpät laitetaan käyttöasentoon, jolloin häkäkaasua voidaan käyttää moottorissa. Yleensä 3...10 min imurin käyttö on riittävä.

#### D. Kuumen laitteiston sytytys

Häkäkaasukäyttöistä ajoneuvoa ei saa käyttää joutokäynnillä pitkiä aikoja. Siten esim. ruokailun tai kahvitauon ajaksi on ajoneuvon moottori ja kaasunkehitin pysäytettävä.

Kehitin säilyy käyttökuntoisena vuodenajasta riippuen 1...2 tuntia. Tällainen kehitin voidaan käynnistää ilman tulta. Lyhyt, 1...3 min, imurin käyttö riittää herättämään kaasunkehittymisen. Kaasunpoistoputken suula sytytettäessä hyvin tasaisesti ja lähes näkymättömästi palava liekki osoittaa kaasun kelpaavan moottorin polttoaineeksi.

Mikäli kuumen kaasunkehittimen polttoainesäiliön kansi täytyy avata, on erityisesti varottava

- hengittämästä kannen aukaisun yhteydessä tulevia kaasuja
- polttamasta itseään ja ympäristöä, koska kannen aukaisun yhteydessä ulos tuleva kaasu hyvin usein palaa hulmahtaen
- sullomasta säiliötä aivan täyteen haketta
- kohentelemasta liikaa tulipesää

Toimenpiteet käytön jälkeen

Moottorin pysäyttämisen jälkeen valmistellaan seison-  
ta näin:

1. Suljetaan kaasuputken läppä ja moottorin seoksen säätöläppä.
2. Avataan kehittimen täyttökansi n. 20 min ajaksi (ei sisätiloissa) jotta hakésäiliössä oleva vesihöyry haihtuisi pois. Näin vältetään kaasuttimes-  
sa jäähtymisessä tiivistyvän veden aiheuttama hiilien ja hakkeen kostuminen. Tämä aiheuttaisi seuraavan käynnistyksen pitkittymisen ja tekisi käynnistämisen jopa mahdottomaksi ilman polttoai-  
neen vaihtoa. Mikäli suinkin mahdollista, kaasut-  
tin olisi pysäytettävä silloin, kun polttoaine-  
säiliössä on n.  $1/3$ - $1/2$  säiliön tilavuudesta polttoainetta jäljellä. Siten esim. säiliötä ei saa täyttää juuri ennen pysäytystä. Näin vältetään tehokkaasti hiilien ja hakkeen kostuminen seison-  
nan aikana.
3. Tyhjennetään kaikki kondenssinesteiden astiat. Varsinkin kylminä vuodenaikoina ne on ehdottomasti tyhjennettävä heti ajon päätyttyä. Muutoin ne jäätyvät. Kondenssinesteiden poistossa on huomi-  
oitava se, että nesteitä ei saa valuttaa suoraan maahan tai viemäriin, vaan kondenssinesteet on otettava talteen astiaan ja sen jälkeen imeytet-  
tävä ne esim. sahanpuruihin ja poltettava nuotiossa.

## 10. TOIMINTAHÄIRIÖT

- 1) Kaasu ei pala kunnolla poistoputken suulla; vaikka imurin (puhaltimen) käyttöaika 3...10 min, on riittävä.

- Vika: a) Hiilet, tai hake ovat liian kosteita. Tämän huomaa siitä, että kaasussa on jatkuvasti vesihöyryä. Annetaan imurin toimia. Kaasuttimen kansi avataan ja vähennetään haketta niin, että hake ulottuu n. suppilon puoliväliin. Suljetaan kansi ja odotetaan, että kaasu syttyisi sytytettäessä ja alkaisi palaa tasaisesti poistoputken suulla.
- b) Tulipesään on syntynyt holvi, joka on poistettava kohennusraudalla täyttöluukun kautta. Hakkeen tarpeetonta sullomista on välttettävä. Tarkastetaan, että hiilitilassa on hiiliä riittävästi. Mikäli sinne pääsee raakaa haketta, on seurauksena tervainen kaasu. Jos holvaantumisia esiintyy usein, on käytetty hake liian suurta tai siinä on mahdollisesti tikkuja, risuja jne.
- c) Imuri, puhallin, on heikkotehoinen. Heikko teho voi johtua siitä, että kaasunpoistoputki ja imurin siivistö on lähes tukkeutunut tervasta. Lisäksi kehittimen ensiöilma-aukon takaiskuläppä voi olla jumissa. Terva voidaan poistaa esim. kaasuliekillä runsaalla hapella polttamalla sen jälkeen, kun putkisto ja siivistö on irroitettu kehittimestä. Tervan estäessä kaasun virtausta, syttyy tulipesä heikosti ja epätasaisesti, jolloin seurauksena on lisää tervaista kaasua.

- d) Tulipesä on vaurioitunut. Ilmasuuttimet voivat olla tukkeutuneet tai sulaneet. Tulipesärengas ei ole paikoillaan tai on vaurioitunut. Vaurion korjaamista varten on tulipesä ja säiliö tyhjennettävä. Usein ko. osat voidaan vaihtaa ylhäältä kannen kautta purkamatta kokonaan kehitintä.
- 2) Moottori ei käy kaasulla, vaikka kaasu palaa hyvin poistoputken suulla
- Vika: a) Suodatimet ovat tukkeutuneet tuhkasta tai suodatinkankaisiin on tiivistynyt vettä. Näin moottori ei saa kaasua riittävästi tai ei ollenkaan. Tyhjennetään tuhka ja puhdistetaan suodatinkankaat myös tuhkasta ja hiilenpölystä. Suodatinkankaisiin tiivistynyt vesi voi johtua siitä, että kehittimestä ei ole lämpöeristetty tulevaa kaasuputkea ja karkeapuhdistajaa. Lämpöeristys pitää kaasun yli kastepistelämpötilan, eikä tiivistymistä tapahdu.
- b) Kondenssinesteet ovat tukkineet keräilyastiat ja kaasuputket. Kondenssinesteet tulee poistaa aina heti ajon jälkeen, jolloin tukkeentumiselta ja jäätymiseltä vältytään.
- c) Säätöläpät on väärin säädetty. Moottoria kaasulla käytettäessä, seoksen säätöläpän on oltava kiinni ja tehonsäätöläpän auki. Näin saadaan mahdollisimman suuri alipaine imemään häkäkaasua kehittimestä. Heti kun moottori käy hyvin kaasulla, säädetään läpät sopiviksi.

- d) Häkäkaasujärjestelmässä on vuoto. Vuotokohdasta voi moottori saada pelkkää ilmaa ja seos laihenee näin alle syttymisrajan. Tarkistetaan, että kaikki tuhkanpoistoluukut ovat kiinni ja kondenssivesiastiat paikoillaan tiiviinä.
- 3) Moottori lähtee käymään kaasulla, mutta pysähtyy hetken kuluttua
- Vika: a) Tulipesään on muodostunut holvi, joka on varovasti pudotettava.
- b) Imuria on käytetty liian vähän aikaa, jolloin lämpötila ei ole ehtinyt nousta kylmiksi.
- c) Ilmaläppä on liikaa auki.
- d) Moottorin pyörimisnopeus on suurempi kuin kaasun muodostumisnopeus. Käytetään hetki pienemmällä nopeudella.
- e) Puhdistajissa tai putkistossa on kondenssinesteitä tai ne ovat muuten tukkeentuneet (tervasta, tuhkasta jne.), jolloin kaasun virtausta haittaavat ahtaat paikat on puhdistettava.
- f) Kehittimen ensiöilman sisäänottoaukon takaiskuventtiili ei aukea tarpeeksi, jolloin kehittimen kaasuntuotto jää vähäiseksi.

Käytössä huomioitavia seikkoja:

1) Joutokäynti

Häkäkaasulaitteisto on mitoitettava niin, että huippu-teho olisi mahdollisimman suuri. Tästä syystä joutokäyntiominaisuudet ovat huonommat kuin öljykäyttöisen moottorin. Joutokäyntikierrosluku on huomattavan korkea. Yleensä moottori käy hyvin vasta yli 1400 r/min kierrosluvuilla. Mikäli moottori jätetään pitemmäksi aikaa (kahvitauko, ruokailu) joutokäynnille, laskee tulipesän lämpötila ja kaasu on tervaista. Suositeltavaa on pysäyttää moottori taukojen ajaksi.

2) Liikkeelle lähtö

Liikkeelle lähdetään pienellä vaihteella. Tehon tarpeen noustessa äkillisesti moottori yleensä pysähtyy, koska kaasua ei ehdi muodostua riittävästi tai kuljettaja ei ehdi säätää kyllin nopeasti seoksen säätöläppiä. Kaasunkehitinlaitteisto toimii parhaiten, kun kierrosluku voidaan koko ajan pitää mahdollisimman tasaisena.

3) Polttoainesäiliön täyttö

Kantta avattaessa on varottava hengittämästä kehittimestä tulevia höyryjä. Säiliötä ei saa koskaan ajaa aivan tyhjäksi. Hakkeen palaessa loppuun palavat myös pelkistyshiilikerroksen hiilet. Ennen seuraavaa hakkeen lisäystä, on myös lisättävä ensin hiiliä. Säiliön tyhjentäessä kehitin lämpenee voimakkaasti.

Parasta olisi lisätä haketta aina, kun säiliön suppilossa on vielä reilusti haketta. Tällöin polttoaine ehtii kuivua riittävästi kuivumisvyöhykkeessä ja kaasu on koko ajan lämpöarvoltaan hyvää sekä kaasun tuotto tasaista.

4) Yleisimmät häiriöt käynnin aikana.

A. Teho alenee vähitellen, vaikka polttoaine on kunnollista, ilmantarve on tavallista pienempi

- Vika: a) Kehittimen hiilikerros on tukkeentunut. Yleensä tällainen vika on arinassa. Arinan liikematka tai liikenopeus ovat liian pieniä tai se on liian tiheä käytetyille polttoaineelle.
- b) Vuoto kehittimessä. Tällöin kehittimen alaosaa on hyvin kuuma ja polttoainetta kuluu suhteettoman paljon.
- c) Vuoto putkistossa tai puhdistajissa. Vian huomaa parhaiten moottorin pysäyttämisen jälkeen esiin tunkeutuvasta kaasusta (savusta).
- d) Puhdistajat ovat tukkeentuneet unohtuneen puhdistuksen vuoksi.
- e) Tulipesässä on holvi, joka on poistettava kohentamalla. Hakke on tällöin usein epätasaista kooltaan tai liian suuripalaista.

B. Moottori pysähtyy yhtäkkiä

- Vika: a) Polttoaine on loppunut, jolloin kehitin on hyvin kuuma, usein ulkokuorikin punahehkuisen
- b) Kondenssiveden keräilyastiat ovat täyttyneet. Varsinkin tasaussäiliön täyttyminen tukehduttaa moottorin.

- c) Kun tehon (kaasun) tarve kasvaa äkillisesti, kuljettaja ei ole huomioinut liikkeelle lähtöä tai mäen nousua kyllin aikaisin.

### C. Tervaantuminen

Tervan esiintyminen kaasussa ilmenee tavallisimmin

- a) Moottori alkaa nakuttaa äkillisesti ja ajoit-  
taisesti. Imuventtiilien varsiin kerääntynyt  
terva vaikeuttaa venttiilien liikettä.
- b) Moottoria käynnistettäessä venttiilien nosto-  
tangot nurjahtavat. Imuventtiilin varteen  
kerääntynyt terva on jumiuttanut venttiilin  
kokonaan.
- c) Jäähdyttimen ja /tai tasaussäiliön kondens-  
sineste on jähmeätä. Tavallinen kondenssineste  
ei ole jähmeää.
- d) Moottori käynnistyy kylmänä raskaasti ja hu-  
nosti. Voiteluöljy on tahmeaa ja tummaa sekä  
tuoksuu tervalle.



## 11. HUOLTO

Kaasunkehittimessä syntyy jätteitä, pääasiassa tuhkaa ja erilaisia kondenssinesteitä. Näiden käsittelyssä on otettava huomioon terveys- ja ympäristöongelmat.

Tuhka on erittäin hienojakoista ja helposti pölyävää. Tuhkan mukana on runsaasti hienoa hiiltä, joka kuumana poistettaessa aiheuttaa tulipalovaaran. Tuhka tulee poistaa kehittimen ollessa kylmä, tavallisesti aamulla ennen ajoon lähtöä. Jos tuhkaa poistetaan kuumasta kehittimestä, se on tällöin otettava peltiastiaan. Missään tapauksessa kuumaa tuhkaa ei saa poistaa suoraan metsään, pelloille, tielle jne., koska seurauksena on tulipalon vaara. Tuhkaa syntyy tehontarpeen ja käytettävän polttoaineen suhteessa. Puuta käytettäessä tuhkan määrä on 5...10% käytettävästä polttoainemäärästä. Kehittimen tuhkatila tulisi olla päivän ajoa vastaavan kokoinen, jottei jouduttaisi kesken ajon kuuman tuhkan poistoon.

Kondenssinesteitä tulee käytettävän polttoaineen laadun ja kosteuden mukaan. Vaikka tämä neste syntyy luonnon polttoaineesta, niin se sisältää lukuisan joukon erilaisia happoja, emäksiä ja jopa myrkkijä. Nesteistä mainittakoon vesi, etikkahappo, tärpätti, terva, erilaisia aldehydejä, ketoneja jne. Kondenssinesteiden asiallisesta käsittelystä on huolehdittava. Niitä ei saa kaataa viemäriin, eikä suoraan maastoon. Paras on imeyttää ne esim. sahanpuruihin ja polttaa ne senjälkeen nuotiossa.

Kondenssinesteitä on poistettava laitteistosta 3 (4) kohdasta. Kehittimen kondenssisäiliöön keräytyy nesteitä yhdestä polttoainetäytöksestä n. 1 litra. Jäähdyttimen alla olevaan säiliöön keräytyy n. 2 litraa ja tasaussäiliöön n. 2 litraa. Mikäli sekoittimessa on vielä poistotulppa, niin sekoitin on muistettava ajoittain tyhjentää.

Suodattimessa olevaa tuhkaa ei pidä koskaan poistaa laitteiston ollessa kuuma. Mikäli suodattimen tuhkan poistoluukku avataan, niin silloin sinne pääsee happea ja hehkuva hiili syttyy. Näin lasikuitukangassuodatia tuhoutuu muutamassa minuutissa ja ajo keskeytyy.

Suodattimen ja syklonin pohjalle keräytyvä tuhka ja hiilipöly on erittäin hienojakoista. Se syttyy helposti ja pölyää runsaasti. Tuhka on poistettava kylmänä ja silloin on käytettävä hengityssuojainta.

Laitteistossa syntyvä tuhka ja hiilipöly voidaan kylmänä palauttaa takaisin luontoon. Se käy lannoitteena hyvin sekä pellolle että metsään.

#### Terva

Häkäkaasuajoneuvossa suurin harmi on terva. Terva aiheuttaa monenlaisia vaikeuksia. Ensimmäisenä tervan syntyminen huomataan kun moottori alkaa äkillisesti kilistää. Kilistäminen johtuu tervan kulkeutumisesta imuventtiilien varren ja ohjaimen väliin. Tällöin imuventtiili aukeaa huonosti ja venttiilijousi ei jaksaa nostaa venttiiliä kiinni. Moottoria ollessa kuuma ei terva jumiuta kuitenkaan kokonaan venttiiliä. Mutta moottorin jäähtyessä ovat venttiilit täysin liikkumattomat. Käynnistyksessä voivat nostotangot vääntyä. Imuventtiili aukeaa, muttei mene kiinni muutoinkuin männän pään työntämänä ja näin mäntä voi rikkoutua. Tavallisesti venttiili voidaan irrottaa kantta avaamatta. Avataan venttiilikoneiston kansi ja käännetään käsin pyörittämällä jumissa olevan venttiilin sylinterin mäntä alas ja hakataan muovivasaralla venttiili alas ja kampiakselia käsin pyörittämällä nostetaan männän päällä venttiili ylös. Hakataan muovivasaralla venttiili alas ja männällä ylös. Tätä jatketaan kunnes jousi jaksaa nostaa venttiilin ylös. Mahdollisesti vääntynyt nostotanko uusitaan tai oikaistaan suoraksi.

Terva ei irtoa helposti. Se ei liukene öljyyn, veteen eikä yleensä tavanomaisiin helposti saatavilla oleviin aineisiin. Putkista, läpistä yms. terva voidaan poistaa polttamalla, esim. runsashappisella kaasuliekillä. Terva voi joskus liueta ja silloin se voidaan pyyhkiä pois esim. denaturoidulla spriiillä. Maalinpoistoaine, tinneri, tärpähti ja moottorin pesuaine eivät irrota tervaa helposti.

Tervaa syntyy monesta eri syystä. Pääsyy tervan syntyyn on tulipesän lämpötila. Mikäli lämpötila laskee alle 800 °C, on heti vaarana tervan synty. Lämpötila voi laskea mm.

- a) Kun moottoria käytetään joutokäynnillä pitkiä aikoja. Kaasunvirtausnopeus tulipesässä pienenee ja tällöin myös hehkuvan redusoivan hiilikerroksen koko pienenee ja lämpö laskee. Häkääjoneuvoa ei saa käyttää joutokäynnillä esim. kahvitauon aikana. Parhaiten, ilman ongelmia laitteisto toimii, kun kierrosluku pidetään mahdollisimman tasaisena koko ajan.
- b) Kun käytettävä polttoaine on liian kostea. Haihtuessaan kosteus sitoo lämpöä ja näin jäädyttää tulipesää. Polttoaineen kosteus tulisi aina olla alle 20 %.
- c) Kun kehittimeen on syntynyt holvi. Holvin pudotuksessa hämmennetään usein liikaa tulipesää ja raakaa polttoainetta pääsee liian alas tulipesässä synnyttäen tervaa. Mikäli holvi on syntynyt, se tulee pudottaa varovasti niin, että samalla ei kohennella hiilikerrosta.
- d) Kun kehittimen kriittiset mitat ovat virheellisiä. Kriittisiä ovat ilmasuuttimien koko ja pituus, tulipesärenkaan koko, arina ja näiden keskinäinen etäisyys.

**Ilmasuuttimet:** liian suuri halkaisija jäädyttää tulipesää ja lisäksi kaasun lämpöarvo heikkenee, siinä on vähemmän hääkää. Ylimääräinen happi voi jopa tuhota koko kehittimen tai suodattimen. Liian pieni halkaisija antaa vähemmän kaasua ja silloin moottori ei anna täyttä tehoa tai kierroslukua. Lyhyet ilmasuuttimet päästävät polttoaineen liian alas ennen hiiltymistä. Näin raaka polttoaine ei ehdi hiiltymis-eikä palamisvyöhykkeessä reagoida, vaan syntyy tervaa. Pitkät suuttimet taas jättävät polttoaineen holviin.

**Tulipesärengas:** Tämä on kaikkein rasitetuin osa. Se on paras tehdä hyvästä teräksestä ja se on tehtävä helposti irrotettavaksi ja vaihdettavaksi. Liian suuri tulipesärengas päästää polttoaineen valumaan helposti eikä se ehdi kokonaan hiiltymä ennen läpimenoa. Näin kaasun lämpöarvo ja lämpötila jäävät pieniksi ja tervaa syntyy. Pieni tulipesärengas aiheuttaa suuren imuvastuksen ja kaasua ei mene riittävää määrää läpi. Lämpötila ja lämpöarvo ovat korkeita, mutta kaasua on vähän.

**Arina:** Hakekaasunkehitin tarvitsee liikuteltavan arinan. Hakkeesta syntyvä hienojakoinen hiili ja tuhka tukkivat redusioivan hiilikerroksen muuten muutamassa minuutissa. Liike on oltava ajoittaista, ei jatkuvaa. Arina tulee liikkua niin, että liike kohentelee hiilikerrosta ylös-alassuunnassa. Liike ei saa olla vaakatasossa liikkuva, koska se syö silloin hiilikerrosta ohuemmaksi alhaalta-päin ja aiheuttaa tervan muodostumista. Ylö-alas liike on voitava säätää käytettävän polttoaineen palakoon mukaan siten, että pilke ei tarvitse liiketta ollenkaan ja pienikokoinen hake vastaavasti suuren liikkeen. Mikäli liike on liian suuri, polttoainetta kuluu liikaa ja tuhkatila täyttyy nopeasti tuhkasta ja palamattomista hiilistä. Liian pieni liike aiheuttaa nopeasti hiilikerroksen tukkeutumisen tai arinaa täytyy liikuttaa jatkuvasti. Sopiva liike on säädettävä kokemuksen mukaan kutakin polttoainetta ja moottoria varten.

Ilmasuuttimien ja tulipesärenkaan väli on oltava myös tarkalleen käytettävälle polttoaineelle sopiva. Pienessä välissä ei ehdi tapahtua hiiltymistä ja palamista, jonka vuoksi kaasun mukana on tervaa. Liian suuressa välissä taas imuvastus tulee suureksi ja hiilikerros kuluu pieneksi ja taas on vaarana tervan syntyminen. Rakennetulla kehittimellä sopiva väli oli Valmet 702 traktorissa käytettäessä haketta 90 mm.

Tulipesärenkaan ja arinan väli riippuu edellisestä mitasta. Koelaitteessa se oli 1,5 x ilmasuuttimien ja tulipesärenkaan väli, 135 mm. Pienempi väli aiheuttaa pelkistymishiilikerroksen pienenemisen, tervaa syntyy sekä kaasun lämpöarvo heikkenee. Suuri väli aiheuttaa suuren imuvastuksen, jolloin kaasun virtaus pelkistymisvyöhykkeessä heikkenee, lämpötila laskee ja tervaa syntyy, eikä moottori tottele helposti esim. kierrosluvun nostoon.

## 12. ERITYYPPISTEN MOOTTORIEEN MUUTTAMINEN HÄKÄKAASUKÄYTTÖISIKSI

Otto- ja dieselmoottorien vaatimat muutostyöt poikkeavat töiden laajuuden suhteen. Häkääkaasulla moottorista saatavat tehot pienenevät ennen muutosta saatuihin tehoihin verrattuna.

### Ottomoottorit

Moottoriin tehtävät muutostyöt ovat helposti ja yksinkertaisesti tehtävissä. Moottorin imusarjaan asennetaan sekoitin ja mahdollinen apukaasutin, joka mahdollistaa moottorin käytön myös nestemäisellä polttoaineella esim. bensiinillä. Lisäksi sytytysennakko säädetään aikaisemmalle, koska kaasuseoksen palamisnopeus on alhaisempi kuin bensiini-ilmaseoksen. Käytettäessä häkääkaasua polttoaineena paras moottoriteho saadaan kierrosluvusta riippuen 10-20° suuremmalla sytytysennakon arvolla kuin nestemäistä polttoainetta käytettäessä. Mikäli puristussuhde on alhainen, niin sitä olisi syytä korottaa 1:10 luokkaan paremman tehon ja hyötysuhteen saamiseksi, esim. asentamalla ohuempi kannen tiiviste. Häkääkaasulla saatava teho on n. 50 % nestemäisellä polttoaineella saatavasta tehosta.

### Dieselmoottorit

Muuttamisessa on valittavissa kaksi tapaa

- 1) moottori muutetaan pelkästään kaasulla käyväksi
- 2) moottori muutetaan ns. dieselkaasuperiaatteelle, jolloin moottori kuluttaa kaasun lisäksi diesel-polttonestettä 10-20% normaalikulutuksesta.

Myös dieselmoottorin tyyppi aiheuttaa eroja muutostapaan. Suoraruiskutusdiesel on helposti muutettavissa dieselkaasukäyttöiseksi. Kammiorakenteiset moottorit sopivat huonosti dieselkaasukäyttöiseksi. Niissä muutostyöt ovat niin suuret, että on paras muuttaa moottori pelkästään häkäkaasulla käyväksi.

Ahtimen käyttöön liittyvät vaikeudet häkäkaasun yhteydessä ovat vielä ratkaisematta. Nykyisellään ahdin on poistettava muutostöiden yhteydessä mm. korkean puristuksen aiheuttaman nakutuksen, kaasussa olevan veden tiivistymisen ja öljyvuotojen vuoksi.

Dieselmoottorin muuttaminen pelkästään kaasulla käyväksi.

Tekniset muutostyöt ovat laajat. Moottori on purettava ja osia vaihdettava. Puristussuhde alennetaan arvoon 1:10 ja ruiskutuspumun sijaan asennetaan kipinäsytytyslaitteisto. Sylinterin kanteen on järjestettävä tila sytytystulpille esim. ruiskutusventtiilien tilalle. Moottorista näin saatava teho putoaa n. 50% sen dieselinä antamasta tehosta. Asennettaessa vielä kaksoiskaasutin, on moottori toimiva myöskin nestemäisellä polttonesteellä esim. bensiinillä. Tällainen muutostyö ei ole suositeltava, koska työ ja varaosien tarve ovat suuret ja koska kriisitilanteessa kumpiakkin on vaikeasti saatavilla.

Dieselmoottorin muuttaminen dieselkaasuperiaatteella toimivaksi.

Dieselkäytössä sylinteriin imetty kaasun ja ilmanseos sytytetään sylinteriin ruiskutettavalla pienellä sytytyspolttonesteannoksella. Dieselpolttonesteen kulutus

on kierrosluvusta riippuen 10-20% normaalista kulutuksesta. Pienempikin sytytyspolttonesteannos riittäisi pelkästään kaasun sytyttämiseen, mutta suuttimien kärkien jäähditys ei toimi tyydyttävästi pienemmällä annoksella. Koeajoissa Valmet 702 säädettiin niin, että polttonestettä kului 1,2-3,5 l/h kierrosluvusta riippuen. Huipputeho oli n. 75% dieseltehosta. Huipputehoa voidaan nostaa lisäämällä polttonesteannosta, mutta silloin polttonesteen säästö jää vastaavasti pienemmäksi. Muutostyöt eivät vaadi puuttumista moottorin sisäiseen rakenteeseen. Tärkeimmät muutokset ovat ruiskutusannoksen säätö kaasulle sopivaksi, ruiskutusannoksen pienentäminen noin puoleen tyhjäkäyntiannoksesta sekä sekoittimen asentaminen moottorin imusarjaan.

Puristussuhdetta ei tarvitse muuttaa mikäli se on 16:1 tai alle. Jos puristussuhde on yli 16:1 moottori voi kuormitettuna nakuttaa. Nakutusherkkyys riippuu moottorin rakenteesta, lähinnä palotilan muodosta ja jäähdityksen tehokkuudesta. Nakutusominaisuudet voidaan selvittää koekäytöllä ja jos nakutusta ilmenee, alennetaan puristussuhde esim. lisäämällä toinen kannen tiiviste.

Näin muutettaessa saadaan moottori toimimaan hyvin dieselkaasuperiaatteella. Siitä saadaan myöskin haluttaessa täysi dieselteho kääntämällä vain polttonesteanoksen rajoitin täydelle annokselle.

#### Teho, kulutus

Esimerkki dieselkaasukäyttöisen maataloustraktorin polttoaineen kulutuksesta

- traktori - suoraruiskutusdiesel
  - syl. tilavuus 4 l
  - max kierrosluku 2200 r/min
  
- ajo keskiraskaassa maataloustyössä
 

n. 150 l	puuhaketta/h
n. 2 l	dieselöljyä/h



Sytytyspolttonesteenä voidaan käyttää ainakin osaksi dieselöljyn asemesta mm. kasviöljyä (rypsi), mikäli dieselöljyn saannissa on vaikeuksia.

Taulukko 4. Dieselöljyn kulutus Valmet 702 traktorissa

moott. r/min	dieselkäyttö l/h	diesel-kaasu käyttö l/h
2296	6,1	3,4
2152	16,3	3,1
2009	15,8	2,8
1865	14,9	2,5
1722	14,0	2,1
1578	12,8	1,8
1435	11,6	1,2

Polttonesteen kulutus kasvaa kierrosluvun noustessa. Nousu johtuu ruiskutuspumun sisäisestä rakenteesta, eikä sitä ole syytä muuttaa varaosien ja tarkan, vaativan työn vuoksi. Suurin teho oli tällä säädöllä 75 % dieseltehosta. Teho riitti koeajoissa mm. 3-teräisellä auralla kyntämisen ja äestykseen 2,8 m leveällä äkeelä.

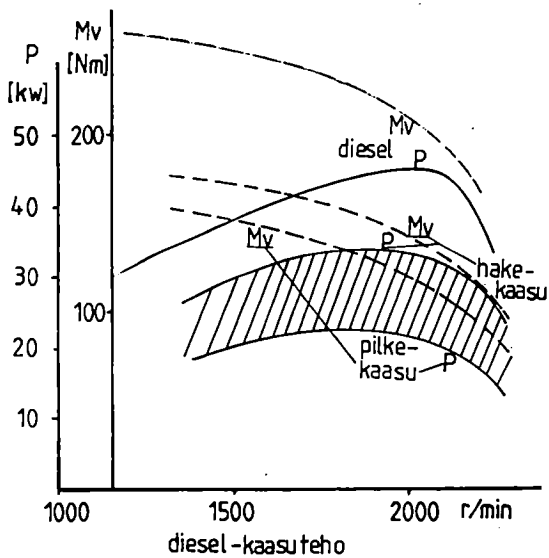
## Moottoritehon mittaukset

Ehkä häkäkaasutraktorin käyttäjää kiinnostavin tieto on saatava teho. Häkäkaasutehoa verrataan yleensä traktorista dieselkäyttöisenä saatavaan tehoon. Vertailu on perusteltu, vaikka on muistettava, että moottoritehon väheneminen ei ole tärkein traktorin käyttöominaisuuksiin vaikuttava tekijä. Laitteiston vaatima huolto, tehollisen työajan lyheneminen, heikentynyt näkyvyys ja eräiden työkoneiden käytön vaikeutuminen vaikuttavat huomattavasti enemmän traktorin käyttöön.

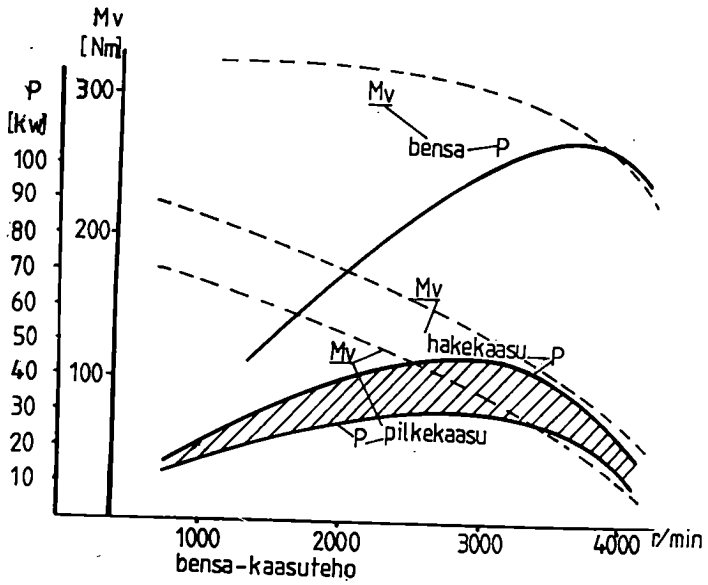
Häkäkaasukäyttöisen moottorin teho ei ole yhtä yksiselitteinen käsite kuin esimerkiksi dieselmoottorin teho. Puukaasukehittimen toiminta ei ole täysin tasaista, vaan kaasun lämpöarvossa tapahtuu muutoksia täysin häiriöttömänkin käynnin aikana. Tämä johtuu polttoaineen epätasaisesta valumisesta tulipesään sekä polttoaineen palakoon ja laadun vaihtelusta. Hienojakoista polttoainetta käytettäessä vaihtelu on suurempaa kuin käytettäessä esim. pilkkeitä polttoaineena. Kaasun lämpöarvon vaihtelun lisäksi pelkistyshilikerroksen kaasun läpäisevyys vaihtelee. Tämä aiheuttaa vaihtelua puukaasulaitteiston imuvastukseen. Sekä kaasun lämpöarvon että imuvastuksen vaihtelut aiheuttavat muutoksia moottoritehossa.

Etenkin häkäkaasumoottorin tehoa mitattaessa moottoriteho ei pysy tasaisena, jolloin mittauksissa on melkoisesti hajontaa. Oheisena olevissa tehokäyrissä onkin piirretty ylin ja alin tehokäyrä sekä varjostettu näiden välinen alue. Tehokäyristä nähdään siis moottorin antama keskimääräinen teho moottoria paikoillaan käytettäessä. Kaikki tehot on mitattu voimanottoakselilta ja ottomoottorin tehot suoraan kampiakselilta käyttäen Schenk-pyörrevirtajarrua. Saatu maksimi teho

oli traktorista dieselkäyttöisenä 45 kW/2500 r/min ja dieselkaasukäyttöisenä 34 kW/1865 r/min kun diesel polttonestettä kului samaan aikaan 2,5 l/h. Saatu maksimi teho oli Jeepin moottorista bensiinikäyttöisenä 106 kW/3500 r/min ja pelkästään kaasukäyttöisenä 45 kW/3100 r/min.



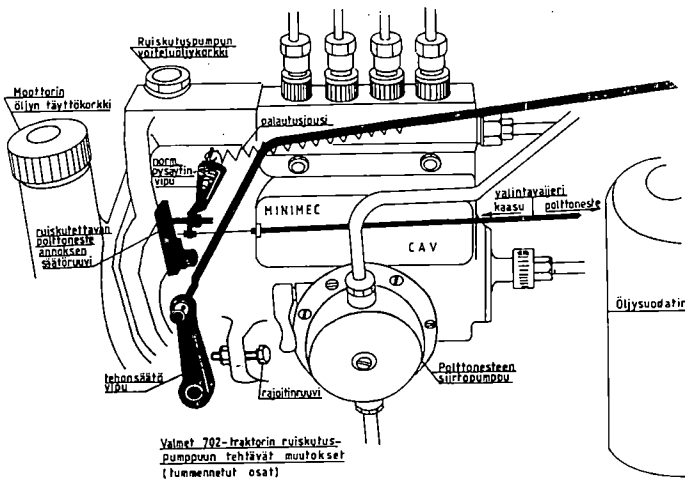
Kuva 29. Valmet 702 traktorin teho



Kuva 30. Jeep moottorin teho

## Polttonestelaitteet

Diesel-kaasukäyttöisen moottorin tärkeimmät muutostyöt tehdään ruiskutuspumppuun. Ruiskutuspumppu säädetään siten, että se antaa diesel-kaasukäyttöön sopivan pienen sytytyspolttonesteannoksen. Sopiva annos on 6-13 mm<sup>3</sup> sylinterin tilavuudesta riippuen. Tärkeää on, että annos on kullekin sylinterille yhtäsuuri ja sen tulisi pysyä lähes vakiona moottorin pyörimisnopeuden muutoksista riippumatta. Tämä voidaan järjestää esim. seuraavasti: Ruiskutuspumpun pysäytinvipu käännetään ylösalaisin normaalista ja lisätään siihen säätöruuvi ja vastaava vastinkappale, (kuva 31). Dieselkaasuasennossa vipu on painettu säätöruuvia vasten vaijerilla ja palautusjousen vetämänä. Samalla on pumpun tehonsäätövipu käännetty täysin auki ns. kaasu pohjassa. Näin säätövivulla voidaan sitten säätää pumpun antama ruiskutusannos halutun suuruiseksi. Ruiskutusannos muuttuu tästä huolimatta pyörimisnopeuden mukaan pumpun rakenteellisista ominaisuuksista johtuen.



Kuva 31. Ruiskutuspumpun muutokset

Koska tavoitteena on ollut mahdollisimman pienin muutoxin dieselmoottori käymään hääkäkaasulla, ei ruiskutuspumpon sisäiseen rakenteeseen ole kajottu, vaan on tyydytty polttonesteannoksen muuttumisesta johtuvaan suurempaan polttonesteen kulutukseen. Ruiskutuspumpon antaman polttonesteannoksen riippuvuus pyörimisnopeudesta voidaan selvittää koepenissä. Pumppu on ajettava polttonesteputket ja suuttimet asennettuina. Mittalaitteiden puuttuessa voidaan polttonesteannos säätää karkeasti lähelle oikeaa esim. näin:

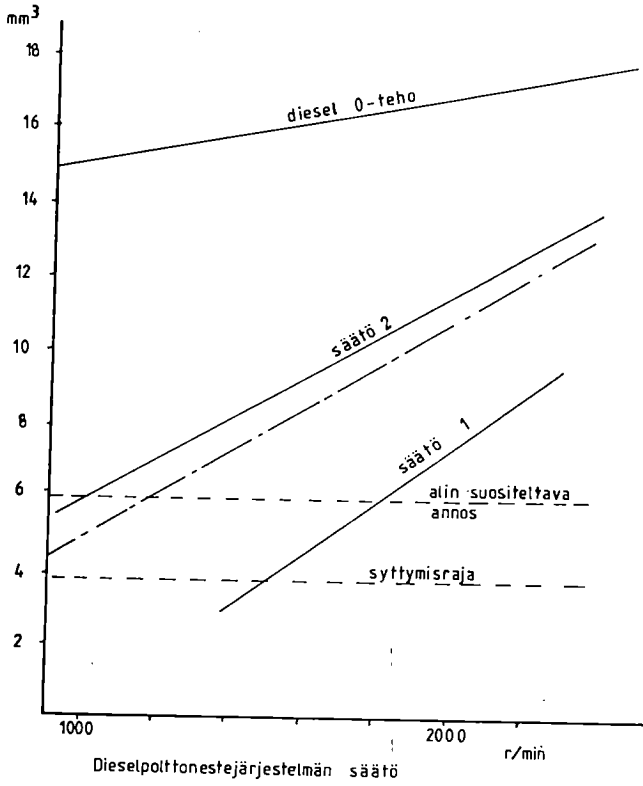
Moottoria käytetään dieselinä normaalilämpöisenä tyhjäkäynnillä. Pysäytinvipua säädetään hitaasti kohti 0-syöttöasentoa. Kun moottori pysähtyy, voidaan olettaa, että ruiskutusannos on 10-15 mm<sup>3</sup>. Tästä asennosta vipua säädetään vielä hieman 0-kohti. On pidettävä huolta siitä, ettei minkään sylinterin ruiskutusannos jää alle 6 mm<sup>3</sup>. Mainittua pienemmillä annoksilla ruiskutus-suuttimien jäähditys jää riittämättömäksi ja on olemassa vaara, että suuttimet pikeytyvät (palavat) umpeen.

On huomattava, että kaikkia ruiskutuspumppuja ei voida näin säätää antamaan riittävän alhaista polttonesteanosta. Tällöin on käännyttävä dieselhuollon puoleen, joka voi muuttaa sisäistä rakennetta siten, että tavoiteltu ruiskutusannos saavutetaan.

Kuvassa 32 on esitetty Valmet 702:n keskimääräinen ruiskutusannos pyörimisnopeuden funktiona kahdella eri säädöllä. Säätö 1:ssä polttonesteannos laskee alle syttymisrajan, jolloin moottori ei enää käy. Säätö 2 on hieman liian runsas. Sopiva säätö on merkitty kuvaan piste-katkoviivalla. Samassa kuvassa on myös esitetty vertailun vuoksi moottorin mitattu ruiskutusannos 0-teholla. Syttymisrajan lisäksi kuvaan on merkitty alin suositeltava ruiskutusannos mm jäähdityksen turvaamiseksi.

Polttonesteannoksen säädön lisäksi ruiskutusennakko säädetään aikaisemmalle. Sopiva ohjearvo ruiskutusennakolla diesel-kaasukäytössä on 20-30<sup>o</sup>eykk. Säättö on selvitetty koeajoilla. Mikäli moottoria käytetään runsaasti korkeilla kierrosluvuilla, on myöskin ennakon oltava suurempi. Liian pieni ennakko huomataan helposti paukkuvasta, hehkuvasta pakosarjasta.

Ruiskutusennakon muutos vaikeuttaa moottorin kylmäkäynnistystä. Käynnistykseen helpottamiseksi moottori on syytä varustaa lohkolämmittimellä. Diesel-kaasukäyttöinen moottori käynnistetään aina dieselinä ja moottorin lämmettyä ja kaasun ollessa kelvollista, siirrytään diesel-kaasukäyttöön. Mikäli moottorin kierrosluvun tasaisuudelle asetetaan erityisiä vaatimuksia, voidaan diesel-kaasumoottori varustaa keskipakosäätimellä. Säädin ohjaa moottorin kaasuläppää. Säätimen käyttövoimana saadaan kiilahihnan välityksellä moottorin kampiakselilta.



Kuva 32. Valmet 702 ruiskutuspumpun säätö.



## Koemoottorien tekniset tiedot

Traktori Valmet 702, varustettuna Valmet 411 B - suoraruiskutusdieselmoottorilla:

- tyyppi	4-tahtinen dieselmoottori
- sylinteriluku	4
- sylinterin $\phi$	108 mm
- iskunpituus	144 mm
- iskutilavuus	4,18 l
- puristussuhde	16 (muutettu koetta varten)
- suuttimien ruiskutusaine	200 aty
- huipputeho	45 kW/33 r/s (200 r/min) kokeessa
- suurin vääntömomentti	254 Nm/ 19 r/s (1150 r/min) kokeessa
- jäähdytys	vesijäähdytys

## Jeepin moottorin tärkeimmät tiedot:

- tyyppi	4-tahtinen ottomoottori
- sylinteriluku	6
- iskutilavuus	4,2 l
- sylinterin $\phi$	3,75" (95,25 mm)
- iskunpituus	3,895" (98,93 mm)
- puristussuhde	8,0:1
- bensiinioktaaniluku	94
- huipputeho	106 kW/58 r/s (3500 r/min)
- suurin vääntömomentti	320 Nm/30 r/s (1800 r/min)
- jäähdytys	vesijäähdytys

## 13. KÄYTTÖKOKEMUKSIA

Kaasunkehitin laitteiston tulee olla tiivis. Pienestäkin aukosta pääsee ajon aikana säiliöön vuotamaan ilmaa. Kun ilmaa on kerääntynyt riittävästi, syntyvä kaasuilmasu-ilmaseos aiheuttaa paineen nousun kehittimessä. Syntynyt paine purkautuu täyttöaukon luukun kautta. Purkautuma ei ole vaarallinen, mutta se säikäyttää kokeneenkin asiaa tuntemattomista puhumattakaan. Säiliö voidaan tiivistää helposti silikonitiivistysmassalla, asbestinauhalla tai aineella, joka kestää hyvin lämpöä. Samoin kaikki putkiliitokset ja tuhkaluukut on myöskin tiivistettävä asiallisesti. Mikäli suodattimeen pääsee ilmaa käytön aikana, syttyy kaasuseos suodattimessa ja siitä kehittyvä kuumuus tuhoaa lasikuitukankaat muutamassa minuutissa.

Kosteahkon (n. 20 %) polttoaineen käytöstä ei ollut sanottavaa haittaa. Käynnistys vaikeutui seuraavana aamuna jonkin verran, kun kehittimen jäähtyessä polttoainesäiliöön kondensoitunut ja sieltä tulipesään valunut vesi oli kostuttanut hiilet ja hakkeen. Tyhjän kehittimen käynnistys pelkän hakkeen avulla ei onnistu, koska tulipesässä ei ole pelkistyshiilikerrosta. Käynnistys pelkän hakkeen avulla synnyttää tervaa niin runsaasti, että putket ja imurin siivisto tukkeutuvat. Ensin on täytettävä tulipesä kuivalla, tasarakeisella hiilellä suppilon alareunaan saakka ja vasta sitten hiilen päälle kaadetaan haketta.

Jos kehittimestä alkaa käynnistykseen yhteydessä tulla tervaa, on kaasua imettävä tuulettimella niin kauan, että tulipesän lämpötila nousee normaaliin käyntilämpötilaan, jolloin tervan muodostuminen lakkaa. Tervan tulo on oikein mitoitettussa kehittimessä merkki siitä, että pelkistyshiilien joukkoon on päässyt palamatonta puuta. Samoin jos arinaa liikutellaan liian usein, kuluvat pelkistyshiilet nopeasti ja palamatonta puuta pääsee hiilen sekaan.

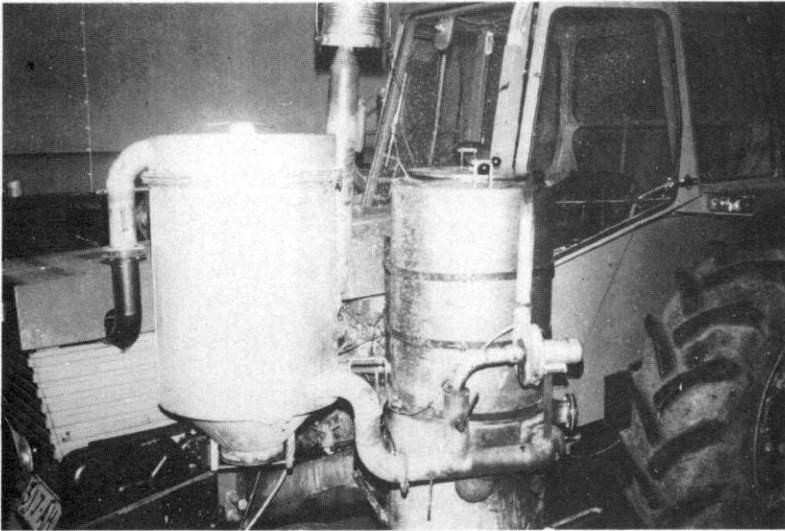
Tervan poistamiseksi kokeiltiin tulipesän muurausta tulenkestävällä massalla. Sen oletettiin pitävän kehittimen lämpötilan riittävän korkealla pienelläkin kuormituksella ja siten estävän tervan muodostuminen. Koeajojen tulosten perusteella siitä kuitenkin luovuttiin, koska

- käynnistys kylmästä piteni huomattavasti (n. 1/2 h)
- muuraus ei pysynyt tärinässä paikoillaan
- hake holvaantui herkemmin muurauksen karkeaan pintaan
- paino kasvoi ilman sanottavaa hyötyä

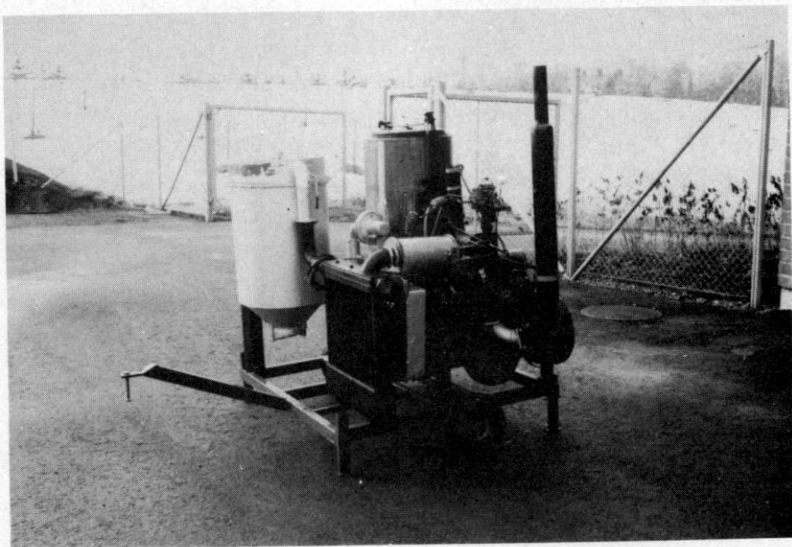
Koeajoissa oli ongelmana myös arinan tukkeutuminen varsinkin pienhahkeella ajettaessa. Pilke toimi hyvin lähes kaikilla kokeilluilla arinatyypeillä. Mitä pienempi palaiseksi hake tuli sitä suurempi oli arinan tukkeutumisvaara ja sitä enemmän arinaa oli liikuteltava. Koetulosten perusteella on paikallaan oleva ja vaakatasossa liikkuva arina tällaiseen laitteistoon täysin sopimaton. Näin ainoaksi arinan liikesuunnaksi tulee ylös-alas liike. Tämä konstruoitiin kuvan 16 osoittamalla tavalla kahden akselin ja lattaraudan avulla. Näin arinan päällä oleva hiilikerrokso pysyy kuohkeana ja hyvin kaasua läpäisevänä. Lisäksi pyöreä muoto edesauttaa arinan muodon säilymistä, vaikka lämpötilat vaihtelisivatkin.

Tervan tulon loputtua ei moottorissa ole ollut vikoja. Moottori purettiin koeajojen loputtua ja osat tarkastettiin. Palotila oli erityisen puhdas eikä siinä ollut kulumavikoja eikä karstaa. Imukanavissa oli hieman tervaa, joka oli jäänyt sinne tervaisesta kaasusta. Imuventtiilien varressa oli hiukan tiivistynyttä tervaa, mutta pakoventtiilit olivat hyvin puhtaat. Pakokanavisto ja -putkisto olivat myös puhtaat. Suuttimien

aukeamispaine oli säilynyt eikä pieni ruiskutusannoskaan ollut sinistänyt suuttimien kärkiä. Jeepin moottorissa ei havaittu mitään tervan aiheuttamia jälkiä. Näin pitää paikkansa kirjallisuustieto, että käytettäessä hääkaasua polttoaineena, pysyy moottori erityisen puhtaana. Laitteiston mitoitus voidaan pitää onnistuneena ja asetettujen tavoitteiden mukaisina.



Kuva 33. Hääkaasulaitteisto Valmet 702 traktorissa



Kuva 34. Häkäkaasutin Jeep-moottorissa

#### 14. HÄKÄKAASU PAIKALLISKÄYTÖSSÄ

Moottoriajoneuvojen lisäksi voidaan häkäkaasutinta käyttää myös paikallismoottoreissa. Mahdollisia sovellutuksia ovat esim. sähköntuotanto polttomoottoriagregaatilla, vesipumput, viljan kylmäilmakuivaus jne. Tällaisten sovellutusten on oltava taloudellisesti kannattavia. Tärkein vaatimus on, että sopivaa polttoainetta on halvalla saatavissa. Teollisuusmaissa työvoima on niin kallista, että laitteisto on automatisoitava, jotta siitä saataisiin kannattava.

##### Erityisvaatimuksia

Koska laitteisto on paikallaan, puuttuvat siitä esimerkiksi ajosta johtuvat värinä ja ajoviima. Toisaalta koska laitteisto on paikoillaan, ei laitteiston koko ja paino ole rajoitettu. Laitteisto voidaan suunnitella hyvää toimintaa silmälläpitäen tarvitsematta tehdä kompromisseja tilarajoitusten takia.

Kaasunkehittimen tulipesä mitoitetaan samoilla periaatteilla kuin ajoneuvokäytössäkin. Polttoainesäiliöön voidaan asentaa jopa erillinen varistajalaitte, joka estää polttoaineen holvaantumisen. Tulipesästä eteenpäin polttoaine kulkee ilman erikosjärjestelyjä voimakkaan kaasuvirran ja arinan liikuttelun avulla. Jos kehitin varustetaan automaattisella polttoaineen syöttöjärjestelmällä, voidaan kehittimen yhteydessä oleva polttoainesäiliö tehdä varsin pieneksi. Kehittimen polttoainesäiliön ulkopinnan ala ei saa kuitenkaan olla alle 1 m<sup>2</sup>. Tämä polttoaineesta haihtuvan kosteuden riittävän kondensoitumisen varmistamiseksi. Kondensoitumisen tehostamiseksi on lisäksi järjestettävä mahdollisimman viileä ilmavirta huuhtelemaan polttoainesäiliön ulkopintaa. Erikoisesti on varmistettava ettei tulipesävaipan läpi kulkevan lämmön kuumentama, ylöspäin nouseva ilma muodosta

kuumaa ilmaverhoa kehittimen polttoainesäiliön ympärille, jolloin veden kondensoituminen ja sitä kautta polttoaineen tehokas kuivuminen säiliössä estyy. Polttoaineen automaattiseksi syöttölaitteeksi sopii hyvin lämmitysjärjestelmissä käytetty ruuvisyötin. Sen siilo-osa voidaan tehdä tarvetta vastaavan kokoiseksi. Syöttöruuvi johdetaan kehittimen säiliön seinämän läpi. Kehittimen säiliöön asennetaan rajakytkin, joka käynnistää ja pysäyttää syöttöruuvin polttoaineen kulutuksen mukaan. Säiliön kansi tehdään samanlaiseksi kuin ajoneuvokaasuttimissa. Se toimii painetta tasaavana varoventtiilinä kaasuttimen sisällä tapahtuvien paineennousujen aikana. Syöttöruuvissa oleva polttoaine tiivistää ruuvin niin, ettei sitä kautta pääse tapahtumaan ilmapuotoja. Kaasunkehittimen pohjalle kertyvän tuhkan poisto voidaan automatisoida ruuvikuljettimen avulla. Ilmatiiveyden varmistamiseksi ruuvi on johdettava vesialtaaseen, josta tuhka poistetaan lietteenä. Tuhkalietettä voidaan käyttää maanparannusaineena sen sisältämän hiilen ja kivennäisaineiden ansiosta.

Kaasu puhdistetaan paikalliskäytössä parhaiten samantlaisilla lasikuitukangassuodattimilla kuin ajoneuvokäytössä. Suodatinpinta-alaa voidaan lisätä noin kaksinkertaiseksi ajoneuvoihin verrattuna. Parhaiten tämä käy asentamalla useampia ajoneuvokäyttöön tarkoitettuja suodattimia rinnan. Näin saadaan suodattimien aiheuttama paineenalennus pienemmäksi ja suodatinten puhdistusväli pidemmäksi. Suodattimelle tulevaa kaasuputkistoa suunniteltaessa on huolehdittava siitä, ettei kaasun lämpötila pitkäaikaisessakaan käytössä nouse suodattimessa liian korkeaksi. Korkein sallittu lämpötila ei saa olla myöskään liian matala, ei alle 120°. Muuten kaasussa olevat vesi ja terva tiivistyvät kankaisiin ja suodatin tukkeentuu.

Kaasu jäädytetään samanlaisella jäädyttimellä kuin ajoneuvokäytössä. Jäädyttimen läpi on kuljettava riittävä ilmamäärä tehokkaan jäähdytyksen aikaansaamiseksi. Mikäli mahdollista käytetään moottorin jäähdytyspuhaltimen ilmavirtaa hyväksi. Myös voidaan siirtää kaasun lämpö veteen lämmönvaihtimella. Jäädyttimessä syntyvä kondenssineste voidaan johtaa vesilukon kautta ulos järjestelmästä. Tämä kondenssineste sisältää ympäristölle haitallisia aineita, joten sen asiallinen käsittely on tarpeen.

Paikalliskäytössä moottori tarvitsee säätimen kierrosnopeuden säätöön. Vaikka moottorin kuormitus pysyisi vakiona kaasun laadussa tapahtuvat vaihtelut aiheuttavat säätötarvetta. Säädön tarkkuusvaatimus ja moottorityyppi määräävät minkälainen säädin kulloinkin otetaan käyttöön. Yleensä moottoreita voidaan kuormittaa jatkuvasti enintään 80 % niiden häikäkaasutehosta riittävän säätömarginan saavuttamiseksi.



## 15. TERVAVESI

Koska kondenssinesteitä ei ole mahdollista sellaisenaan johtaa viemäreihin, maastoon ym., on syytä kiinnittää huomiota näiden puhdistukseen. Kaikenkaikkiaan kondenssinesteeseen liukenevat kuivatislaus (=pyrolyysi) tuotteet koostuvat lukemattomista, orgaanisista yhdisteistä, joista useimmat ovat varsinaisesti myrkyllisiä. Yhdisteistä on monien todettu olevan mutageenisia eli syöpää aiheuttavia. Niinpä näitä ei tulisi käsitellä esim. paljain käsin. Kondenssinesteen hävitystapaan on sen vuoksi kiinnitettävä erityistä huolellisuutta. Eräs tapa olisi imeyttää kondenssineste esim. polttoaineeseen ja syöttää takaisin kehittimeen, tietysti vesi on kuivatettava pois. Mikäli terva saadaan palamaan kehittämissä, on se vain eduksi, sillä se lisää kaasun lämpöarvoa n. 20 %. Kaasutettavalla materiaalilla ei juuri ole vaikutusta kaasun tervapitoisuuteen. Yhdisteiden määrään vaikuttaa mm. lämpötila, polttoaineen kosteus, kaasun virtaus jne.

Taulukko 5. Erään kondenssinesteen sisältämiä epäpuhtauksia

yhdiste	ppm
benseen	7
pyridiini	140
fenolit	670
kresolit	95
naftaleenit	19
kinolit	17
fenylpyridini	6
anfrasenit	23
fluorantenit	7
pyreeni	10
kryseeni	4
muut yht.	84

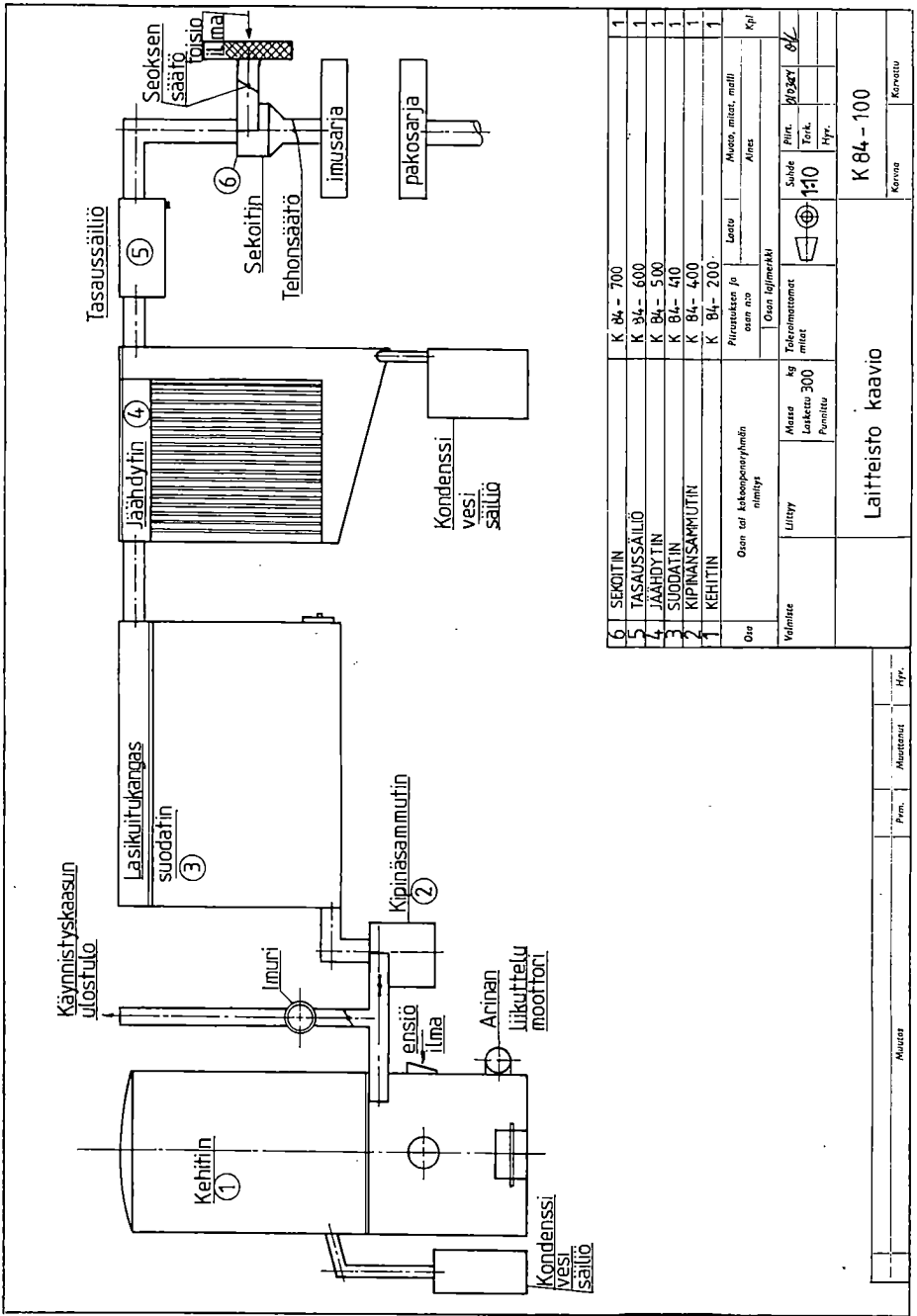
## 16. LÄHDELUETTELO

- PARMALA, S.-P. Polttomoottorin varustaminen kotimaisten polttoaineiden käyttöön soveltuvaksi. VAKOLAN tutkimusselostus N:o 24/1980.
- PARMALA, S.-P. Puukaasu moottoriajoneuvojen polttoaineena. VAKOLAN tutkimusselostus N:o 22/1980.
- MATTILA, V. Puukaasutinlaitteisto/Turun yliopistosäätiö/tutustuminen laitteistoon.
- VTT/Poltto- ja Puhelinkeskustelut  
voiteluainelaboratorio/Esa Kurkela.
- OY FORD AB Puu- ja hiilikaasutinlaitteiden huoltokirja, Imbert, Aimo 1943 Helsinki maalaiskuntien Liiton kirjapaino.
- VESTERINEN, R. Kotimaisten polttoaineiden ympäristövaikutukset, Työtehoseura metsätiedotus 13/1983.
- HAKKILA, P. Puu- ja kuorituhka kannattaa käyttää hyvin, Teho 1/84.
- AKMO Puukaasuttimen käyttöohjekirja, 1944 Paino- ja paperiteos Oy.
- ANTTILA, A. Puukaasuttimen käyttö eräässä dieseltraktorissa, diplomityö TKK 1958.

- KURKI-SUONIO, I. Puukaasun käyttö dieselmootoreissa  
II, Tkk tutkimusselostus N:o  
16/1963.
- KURKI-SUONIO, I. Puukaasun käyttö dieselmootoreissa,  
Tkk tutkimusselostus N:o 11/1965.
- KTM-energiaosasto Miten käytät taloudellisesti kotimai-  
sia polttoaineita.
- KORPIVAARA OY/  
HANNONEN, H. Puhelinkeskustelu
- JUNGFELT, G. A. Toimitusjohtaja, haastattelu.

## 17. PIIRUSTUSLUETTELO

Laitteisto kaavio	K84 - 100
Kehitin kaavio	K84 - 110
Kriittiset mitat	K84 - 120
Kehitin	K84 - 200
"    yläosa	K84 - 210
"    alaosa	K84 - 220
Tulipesä	K84 - 300
"    rengas	K84 - 310
Arina	K84 - 320
Kipinäsammutin	K84 - 400
Puhdistin	K84 - 410
Jäähdytin	K84 - 500
Tasaussäiliö	K84 - 600
Sekoitin	K84 - 700
Säätövivut	K84 - 800
Asennus Valmet 702	K84 - 810

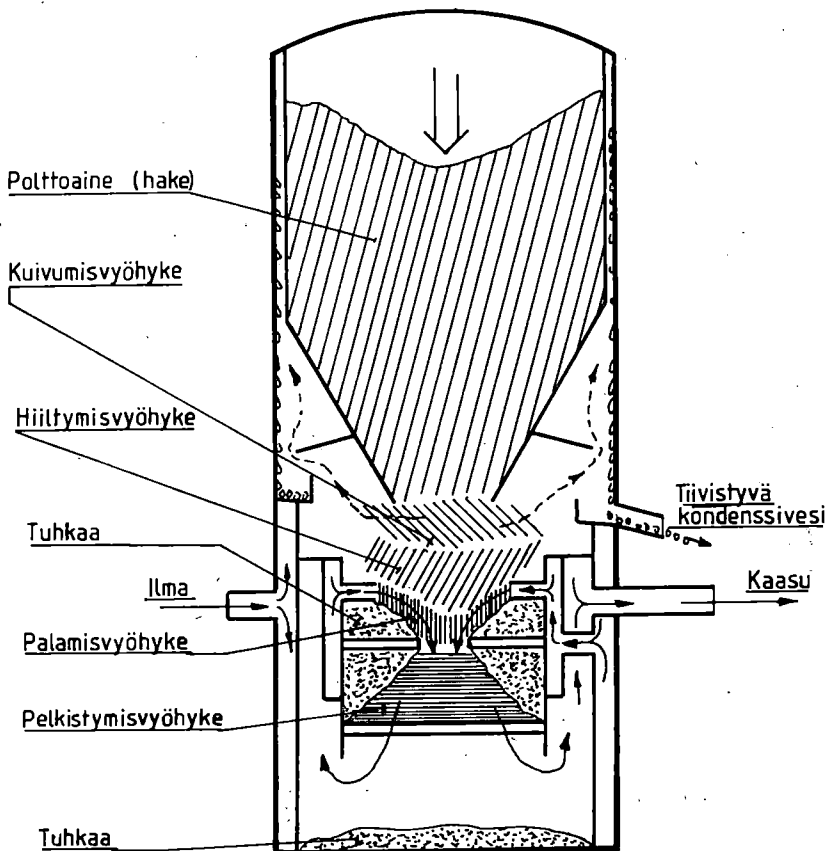


6	SEKOITIN	K 84 - 700
5	TASAUSSÄILIÖ	K 94 - 600
4	JÄÄHDYTYN	K 84 - 500
3	SUODATIN	K 84 - 410
2	KIPINÄSAMMUTIN	K 84 - 400
1	KEHITIN	K 84 - 200

Osa	Osa tai kokonaisuuden nimi	Lehto	Muoto, mitat, malli	Kpl
		Pituuksien ja osien no	Aine	

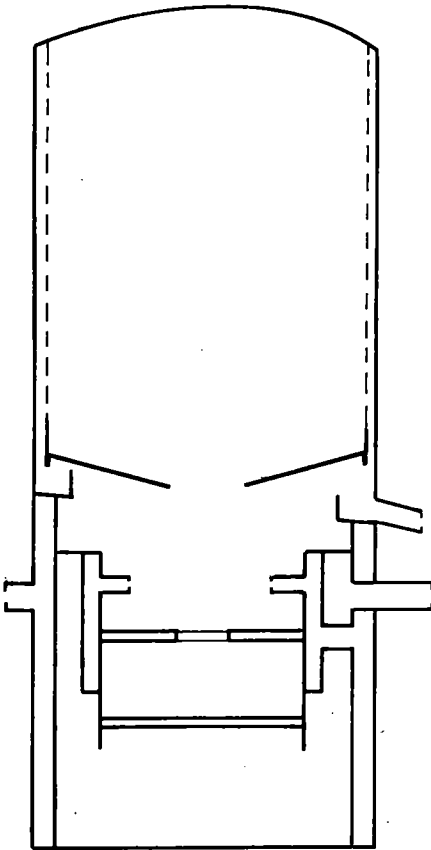
Vaihte	Lisäy	Massa	kg	Toleranssimit
		Loketus	300	
		Painitus		

Laitteisto kaaviokuva				K 84 - 100
Kuva				Keräty

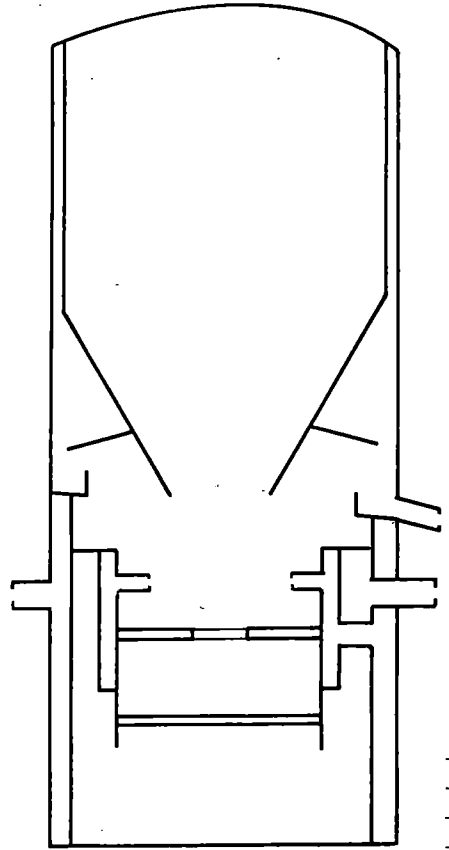


Hakekaasunkehittimen toimintakaavio

Osa	Osan tai kokonpanoryhmän nimitys		Piirustuksen ja osan n:o	Laatu	Muoto, mitat, malli		Kpl
			Osan laji/merkki		Aines		
Valmiste	Liihtyy	Massa Laskettu Punnittu	kg	Toleranssittomat mitat	Suhde	Piirt. Tark. Hyv.	01038 OK
Kaasunkehittimen toimintakaavio					K84-110		
					Korvaa	Korvattu	

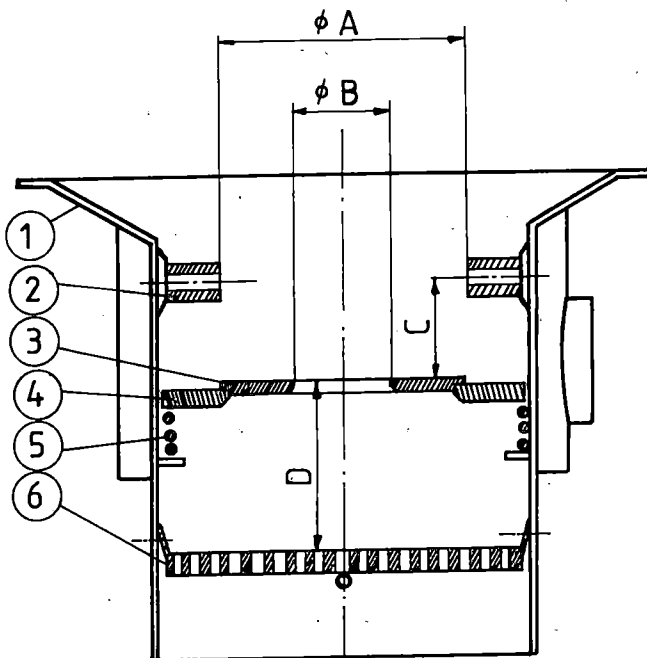


Pilkekaasunkehitin kaavio  
(teräsverkkoseinä + ei. suppiloa)



Hakekaasunkehitin kaavio  
(suppilo+umpinainen hakeseinämä)

Osa	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys		Piiirustuksen ja osan n:o		Laatu	Muoto, mitat, malli			Kpl
			Osan laji/merkki		Aines				
					Suhde	Piirt.			
Valmistaja	Liitey	Massa Laskettu Punnittu	kg	Toleranssittomat mitat		Tark.			
						Hyv.			
						Korvaa	Korvattu		



Kaasunkehittimen kriittiset mitat  
(vinoviivoitetut osat helposti vaihdettavissa)

6	Arina	K 84- 320	1
5	Säätörengas	K 84- 310	6
4	Kannatinrenkas	K 84- 310	1
3	Tulipesärengas	K 84- 310	1
2	Ilmasuuttimet	K 84- 310	8
1	Tulipesä	K 84- 300	1

Osa	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Piirustuksen ja osan n:o	Laatu	Muoto, mitat, malli	Kpl
		Aines			
		Osan lajimerkki			

Valmiste	Liittyy	Massa kg Laskettu Punnittu	Toleranssittomat mitat		Suhde	Piirt.	010384	
						Tark.		
						Hyv.		

Kriittiset mitat

K 84- 120

Korvaa

Korvattu











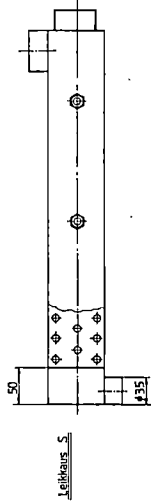
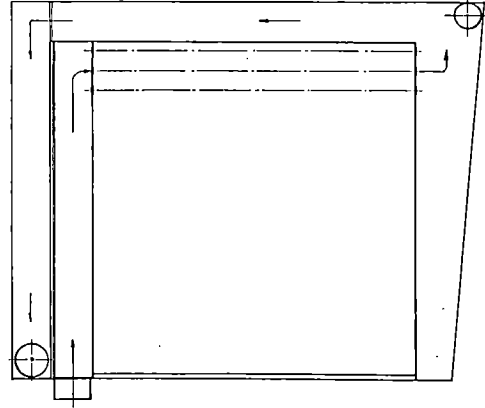
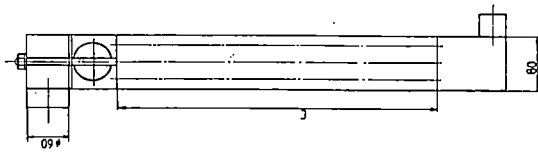
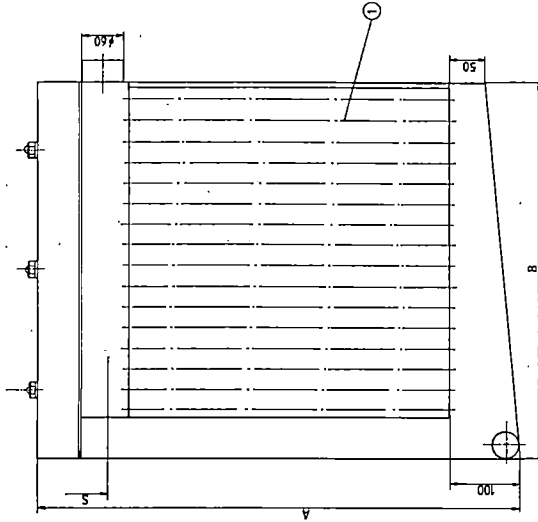












Mitat so mit diesen Maßstab  
 ablesen. Sprünge!

Maßstab 1:1

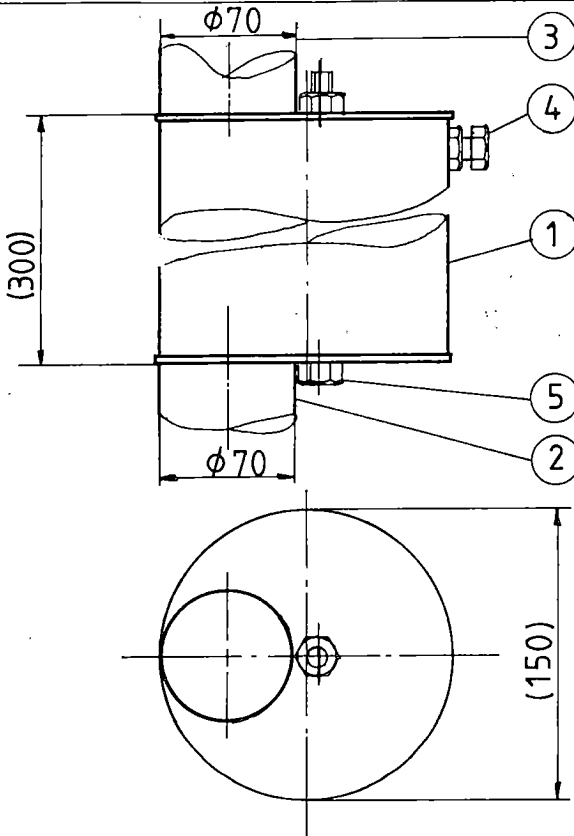
1. Konstruktion		A 10		K 84 500	
Gezeichnet	Geprüft	Gezeichnet	Geprüft	Gezeichnet	Geprüft
Jäähöylin			K 84 500		

Muutos

Pvm.

Muuttanut

Hyv.



5	Asennuspultti	M 10	1
4	Kondenssiveden poistotulppa	M 8	1
3	Kaasun ulostuloputki	Fe 37 $\phi 70 \times 2$	1
2	Kaasunsisääntuloputki	Fe 37 $\phi 70 \times 2$	1
1	Tasaussäiliö	Fe 37 ( $\phi 150 \times 300 \times 2$ )	1

Osa	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Piirustuksen ja osan n:o	Laatu	Muoto, mitat, malli	Kpl
		Alnes			
Osan lajimerkki					

Valmistaja	Liittyy	Massa Laskettu Punnittu	kg	Toleranssittomat mitat		Suhde 1:2,5	Piirt. Tark. Hyv.	010324	ok
------------	---------	-------------------------------	----	---------------------------	--	----------------	-------------------------	--------	----

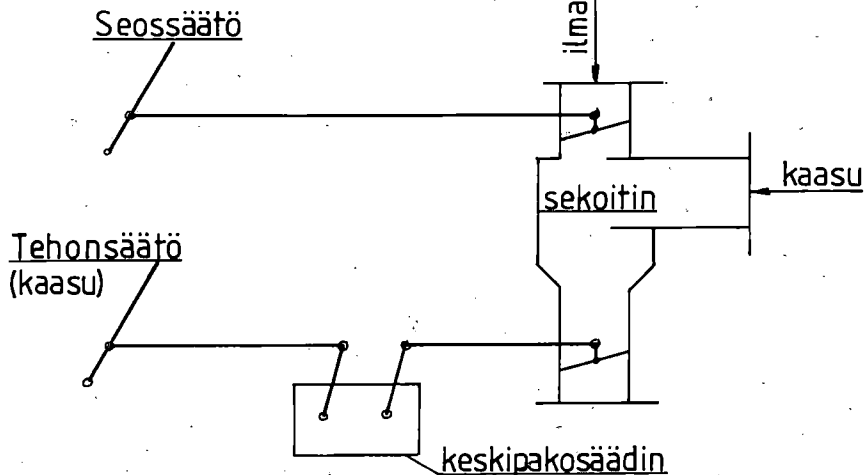
Tasaussäiliö

K 84 - 600

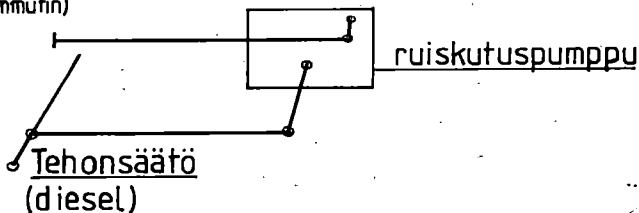
Korvaa

Korvattu

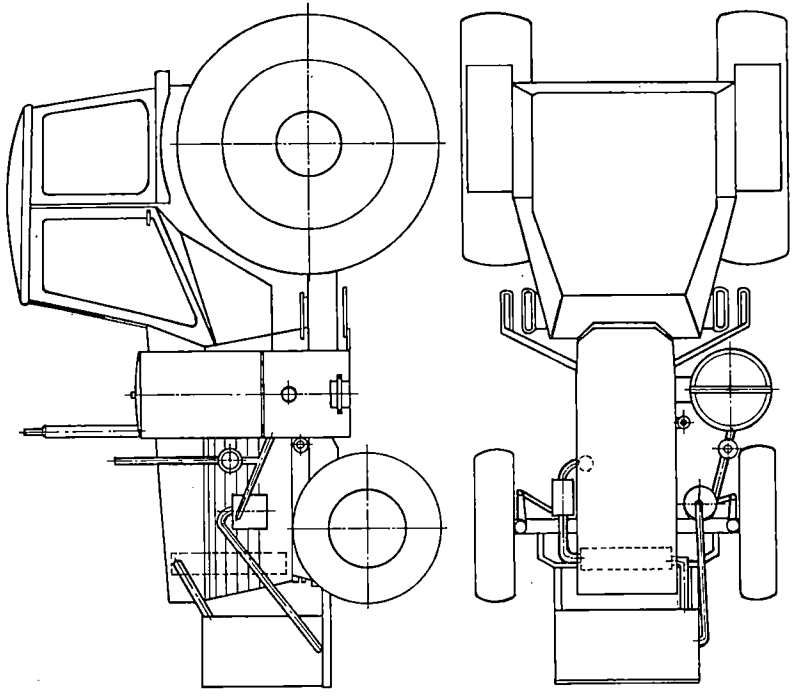




diesel - kaasu valinta  
(sammutin)



Osa	Osa tai kokonpanoryhmän nimitys			Piirustuksen ja osan n:o	Laatu	Muoto, mitat, malli			Kpl
						Aines			
				Osan laji/merkki					
Valmistaja	Liittyy	Massa Laskettu Punnittu	kg	Toleroitamattomat mitat		Suhde	Piirt.	010284 OK	
							Tark.		
							Hyv.		
Säätöviivut						K84 - 800			
						Korvaa	Korvattu		



Laitteiston sijoitus Valmet 702 traktoriin

Osi Kuvaus	Osan tai kokonaisuuden nimitys	Prinssi ja osa no	Luoto	Materiaali, malli luoto	80
	Luotto	Osan sijainti	Luoto	Luoto	
Kuvaus	Luotto	Luotto	Luotto	Luotto	Luotto
	Luotto	Luotto	Luotto	Luotto	Luotto
Kaasunkehittimen sijoitus Valmet 702 traktoriin				K 84 - 810	

...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...

## VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUKSIA

- | No | Nimi  |
|----|---|
| 16 | Hyvärinen, H., Ahokas, J., Runko-ohjattavien metsäkoneiden stabilisuus. 1978.   |
| 17 | Turtiainen, K., Kyselytutkimus monitoimikoneen kuljettajien työn rasittavuudesta ja työviihtyvyydestä. 1978.                          |
| 18 | Turtiainen, K., Vertailututkimus metsurin työhousujen viiltosuojainten kestävyystutkimuksissa käytetyistä tutkimusmenetelmistä. 1979. |
| 19 | Piltti, M., Energian säästö ja kotimaisten polttoaineiden käyttö viljan kuivauksessa. 1979.   |
| 20 | Kara, O., Räisänen, L., Maanmuokkauksen minimointi ja kylvö- ja lannoitusvantaiden soveltuvuus kyntämättömään maahan. 1979.           |
| 21 | Ketola, T., Kotimaiset polttoaineet, kattilat ja kattiloiden koetusmenetelmä. 1979.   |
| 22 | Parmala, S-P., Puukaasu moottoriajoneuvojen polttoaineena. 1980.  |
| 23 | Kiviniemi, J., Pokki, J., Oksanen, E.H., Turkkila, K., Nurmisäilörehun valmistuksen ja käsittelyn tekniikka. 1980.                    |
| 24 | Parmala, S-P., Polttomoottorien varustaminen kotimaisten polttoaineiden käyttöön soveltuviksi. 1980.                                  |
| 25 | Kara, O., Heikkilä, H., Itujen vaurioituminen idätetyn perunan koneellisessa istutuksessa. 1982.                                      |
| 26 | Ahokas, J., Salmi, R., Agricultural Tractor Hitch-hook loading and location. 1981.  |

- 27 Salminen, R., Turtiainen, K., Metsätraktorin heilunnan mittausmenetelmän kehittäminen. 1982.
- 28 Haber, P., Näkyvyys traktorista. 1982.
- 29 Olkinuora, P., Esala, J., Aurasalaojituksen käyttömahdollisuudet. 1982.
- 30 Ahokas, J., Ståhlberg, P., Maaskola, I., Olki polttoaineena. 1983.
- 31 Ahokas, J., Koivisto, K., Energiänsäästö viljankuivauksessa. 1983.
- 32 Mäkelä, O., Ahokas, J., Suurinkeroinen, J., Kotimainen polttoaine viljankuivauksessa. 1983.
- 33 Ahokas, J., Energiantuotanto maatilatalouden omista energialähteistä. 1983.
- 34 Sinisalo, R., Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeita. 1983.
35. Turtiainen, K., Pienpuuhakkurit. 1983.
36. Karhunen, J., Mykkänen, U., Nieminen, L., Wikstén, R., Saloniemi, H., Lämmönvaihtimet eläinsuojien ilmastoinnissa. 1983.
37. Ahokas, J., Keränen, O., Parmala, S.-P., Häkäkaasulaitteisto maatalouden polttomoottorikäytössä. 1984.
38. Haber, P., Traktorin turvakaari. 1984.

