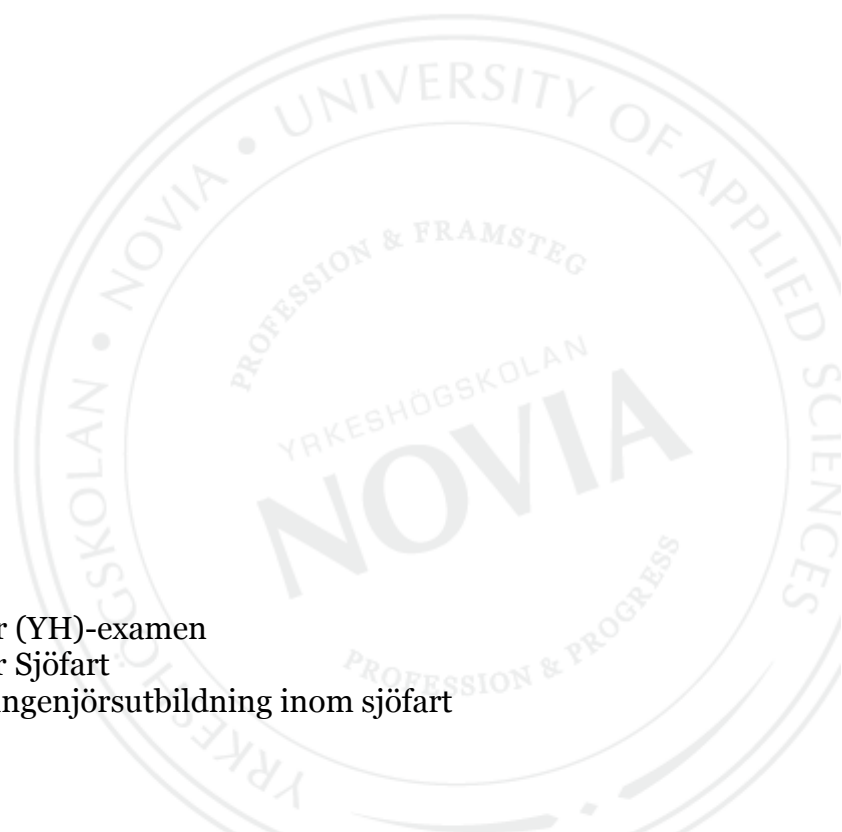


# **Gengas**

## **Lokalproducerat Bränsle**

Jonas Teir

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen  
Utbildningsprogrammet för Sjöfart  
Inriktningalternativet för ingenjörsutbildning inom sjöfart  
Åbo 2011





## EXAMENSARBETE

Författare: Jonas Teir

Utbildningsprogram och ort: Utbildningsprogrammet för sjöfart, Åbo

Inriktning/alternativ/Fördjupning: ingenjör YH

Handledare: Timo Virtanen

Titel: Gengas lokalproducerat bränsle

---

Datum 31.03.2011

Sidantal 31

Bilagor 4

---

Det som alla talar om idag och anser vara ett bekymmer är utsläpp av växthusgaser och då främst koldioxid som härstammar från förbränningen av fossila bränslen. Syftet med detta examensarbete är således att utreda möjligheterna att använda biomassa som bränsle för elproduktion och då genom förgasning till gengas. Arbetet behandlar inte enbart de konstruktionsmässiga delarna i byggandet av en gengasanläggning utan har också en ganska omfattande historisk del eftersom gengasen var av stor betydelse under senaste världskrig i de nordiska länderna. Arbetet behandlar dessutom ett alternativt användningsområde för gengas.

Arbetets huvudsakliga del avgränsas ändå till byggandet av en prototyp för elproduktion. Prototypanläggningen baserar sig på en 12 hästkrafters fyrtakts ottomotor och en 7,5kVA generator. Det som kan konstateras om detta är att med en sådan motor krävs endast ytterst små förändringar för att den skall kunna köras på gengas. Det enda som krävs är en gasblandare i stället för en förgasare och för att den skall gå optimalt krävs även en omställning av förtändningsvinkeln.

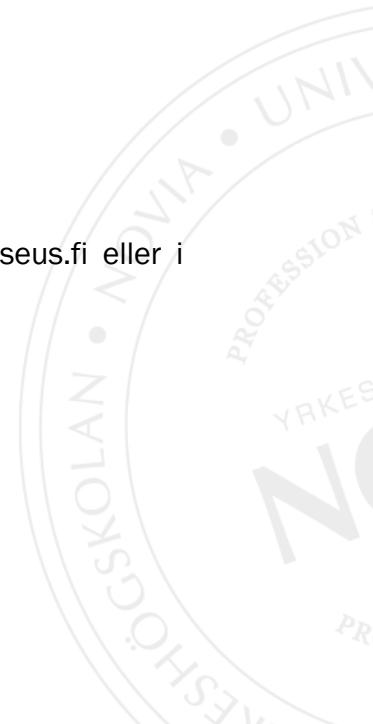
---

Språk: Svenska

Nyckelord: Gengas, Energi

---

Förvaras: Examensarbetet finns tillgängligt antingen i webb biblioteket Theseus.fi eller i Novias bibliotek.





## BACHELOR'S THESIS

Author: Jonas Teir

Degree Programme: Degree Programme in Maritime Studies, Turku

Specialization: Bachelor of Marine Engineering Technology

Supervisors: Timo Virtanen

Title: Gengas lokalproducerat bränsle

---

Date 31.03.2011 Number of pages 31

Appendices 4

---

What everyone is talking about today and considers a concern is the emission of greenhouse gases, primarily carbon dioxide coming from the burning of fossil fuels. The purpose of this bachelor's is therefore to investigate the possibilities of using biomass as fuel for electricity generation, and then by gasification to producer gas. The work not only deals with the design elements in the construction of a wood-gas plant, but has also a extensive historical part because the producer gas was of great importance during the last world war in the Nordic countries. Work will also discuss an alternative use for gas.

The Works main portion bounded yet to the building of a prototype for electricity generation. The prototype plant is based on a 12-horsepower four-stroke spark ignition engine and a 7.5 kVA alternator. What that can be said about this is that with such an engine requires only minimal changes to enable it to run on wood gas. All you need is a gas blender instead of a carburetor and for it to go optimally also requires a conversion of pre ignition angle.

---

Language: Swedish

Key words: Wood Gas, Energy

---

Filed at: The examination work is available either at the electronic library Theseus.fi or in the Novia library.



# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1. Målsättning .....	1
1.2. Problemformulering.....	2
1.3. Examensarbetets avgränsningar .....	2
2. Bakgrund .....	3
2.1. Historia .....	3
2.2. Gengasfakta .....	4
2.3. Andra användningsområden (FT Diesel.) .....	6
2.3.1. FT princip.....	7
2.3.2. Katalysator typer .....	8
2.3.3. FT och gengas .....	9
2.4. Stora framsteg inom gengasen.....	10
2.5. Gengas idag .....	12
2.6. Tidigare forskning .....	13
3. Arbetsbeskrivning .....	14
3.1. Tillvägagångssätt tankar och fakta .....	14
3.2. Dimensionering av prototyp .....	14
3.2.1. Gasgenerator.....	14
3.2.2. Cyklonrenare .....	17
3.2.3. Skrubber .....	17
3.3. Byggdagbok.....	19
3.4. Placering och utformning av mätutrustning .....	26
4. Sammanställning av resultat.....	27
4.1. Resultatberäkningar .....	28

4.2.	Avvikelse i resultat på grund av mätfel .....	28
4.3.	Resultatets trovärdighet .....	29
5.	Sammanfattande diskussion .....	29
5.1.	Vidareutvecklingsmöjligheter .....	29
5.2.	Tankar om framtida gengas .....	30
6.	Källförteckning.....	31

## Bilagor

Motortillverkarens specifikationer	Bilaga 1
Måttabell för härddimensioner	Bilaga 2
Logaritmisk medeltemperatur	Bilaga 3
Pellets fakta	Bilaga 4

# 1. Inledning

Gamla maskiner och gammal teknik är något som alltid fascinerat mig och för just gengas väcktes nog intresset när ämnet diskuterades med några lärare i Ålands sjömanskola. Det var egentligen där som hela projektet startade för som slutarbete och som projekt i ett valfritt ämne som kallades maskinmontage byggde jag och en klasskamrat själva gengasgeneratorn som då dimensionerades för en tvåcylindrig Wikström motor.

Dessutom är miljötänkandet ett ständigt pågående projekt för ett maskinbefäl dels genom olika restriktioner som begränsar användandet av de bränslen som tidigare använts, men också för att sjöfarten marknadsförs som ett miljövänligt transportsätt och därför blir miljötänkandet en del av det vi gör varje dag. Så vore det inte fantastiskt om man t.ex. kunde använda fartygets sopor som en del av dess framdrivningsbränsle på ett miljövänligt sätt?

## 1.1. Målsättning

Det jag vill klargöra i mitt examensarbete är möjligheten till att använda biomassor av olika slag som bränsle i en förbränningsmotor. Det jag kommer att göra i detta examensarbete är att bygga en prototyp d.v.s. att bygga en anläggning av den redan tillverkade gasgeneratorn som i slutändan skall driva en förbränningsmotor som i sin tur driver en generator för produktion av elektricitet. Arbetet med byggandet av denna prototyp kommer att beskrivas här i form av en byggdagbok.

En del historik kommer också att behandlas i detta arbete för att klargöra den tidigare användningen samt de eventuella problem som uppstod då. Det som också kommer att behandlas helt kort är möjligheten till produktion av FT(Fischer Tropsch kap 2.3.) produkter med gengas som råvara.

## 1.2. Problemformulering

De frågor som kommer att behandlas i detta examensarbete handlar först och främst om byggandet och användandet av prototypen som byggts de frågor som således kommer att behandlas är de problem som framkommit genom tidigare användning utav gengas i liknande och i andra tillämpningar där man använder sig utav en förbränningsmotor. Dessa problem är tjärbildning, kontinuerlig god produktion av gengas i liten skala, vatteninnehåll, för låg temperatur i härden vid små belastningar, möjligheten att producera eko diesel (FT) utav gengas, skrubberns möjlighet att avlägsna tjära från gasen samt skrubberns kylande effekt.

## 1.3. Examensarbetets avgränsningar

Detta examensarbete kommer jag att avgränsa till tillverkningen av en prototyp (figur1) för småskalig elproduktion med biomassa som bränsle. Som bränsle kommer jag på grund av tidsbrist enbart att använda träpellets eftersom det redan är laboratorietestat vad det beträffar energiinnehåll, fukthalter m.m.



Figur 1 Carl-Gustav håller ett vakande öga på prototypen under den tredje provkörningsdagen (Egna Bilder)

## 2. Bakgrund

Eftersom gengas inte är någon ny uppfinning är det också viktigt att behandla dess tidigare användningsområden och roll i historien.

### 2.1. Historia

Generatorgas eller gengas som den allmänt kallas i folkmun var inte någon ny uppfinning när den fick sin huvudsakliga användning på fordon under krigs och efterkrigsåren på 40- och 50-talet. (Haventon, 2005, s. 8) Generatorgas har funnits sedan mitten av 1800- talet för eldning av järnindustrins ugnar. Redan 1843 finns det beskrivet om Gustaf Ekmans så kallade koltorn som använde samma principer som sedan kom att användas till ett stort antal gasgeneratorer som användes för drift av motorer. (Haventon, 2005, s. 8)

När gengas för första gången användes för drift av maskiner är svårt att fastslå exakt men det var antagligen omkring år 1881 alltså innan Karl Benz kom ut med världens första bil. (Haventon, 2005, s. 8) Motorer som var byggda speciellt för gengas kom först någon gång i början av 1900- talet, men redan 1859 finns en sådan motor beskriven i ett patent från England. (Haventon, 2005, s. 8) I början av 20- talet började intresset för gengasdrivna fordon öka speciellt i Österrike, Tyskland men störst var nog intresset i Frankrike där bilmärket Panhard & Levassor hade specialiserat sig på tillverkningen av gengasdrivna bilar. (Haventon, 2005, s. 9)

I början och mitten av 20- talet var dock tekniken med träkolsgas och speciellt vedgas föga utvecklad och man hade stora problem med tjärrester i gasen som var svår att på den tiden avlägsna helt från gasen och sedan hade tendens att tjära igen motorn. Det finns dokumenterat om en provkörning med en Heller gasgenerator med uppåtriktad förbränning som provkördes på en 600.km. lång sträcka på bästa möjliga bokkol, resultatet blev att man halvvägs måste ta isär motorn och rengöra den från tjära. (Haventon, 2005, s. 10)

Från 1914-1918 års världskrig fans det i hela världen ett stort intresse att inte vara beroende av importerat bränsle. I Sverige tillsattes därför 1931 en kommitté som hade till uppgift att



utreda möjligheterna med gengasfordon till detta blev de tilldelade 15 000 kronor som på den tiden motsvarade cirka tre Chevrolet – bilar. 1932 beviljades ett anslag om 200 000 kronor i en lånefond till de som skulle gengaskonvertera. Men trots detta visades inget större intresse för gengas detta berodde på att det fortfarande fanns många olösta problem med driftsstörningar och dylikt. (Haventon, 2005, s. 11)

Under årens lopp har det funnits otaliga olika modeller av gasgeneratorer och tillbehör av olika slag men generator typ har jag funnit speciellt intressant, det är Källe generatorm konstruerad av civilingenjör Torsten Källe. Denna man och hur hans intresse för gengas väcktes samt principen för hur hans generator fungerar finns även med här (kap 2.4.).

Trots alla framsteg under början av 30- talet skulle det dröja till början av 40- talet innan gengasdrivna fordon blev vanliga och förblev vanliga under kriget och efter krigstiden tills bensinpriserna återigen sjönk och så gått som alla var överlyckliga att slippa alla bekymmer med gengasen och kunna återgå till bensindrift. (Haventon, 2005, s. 138)

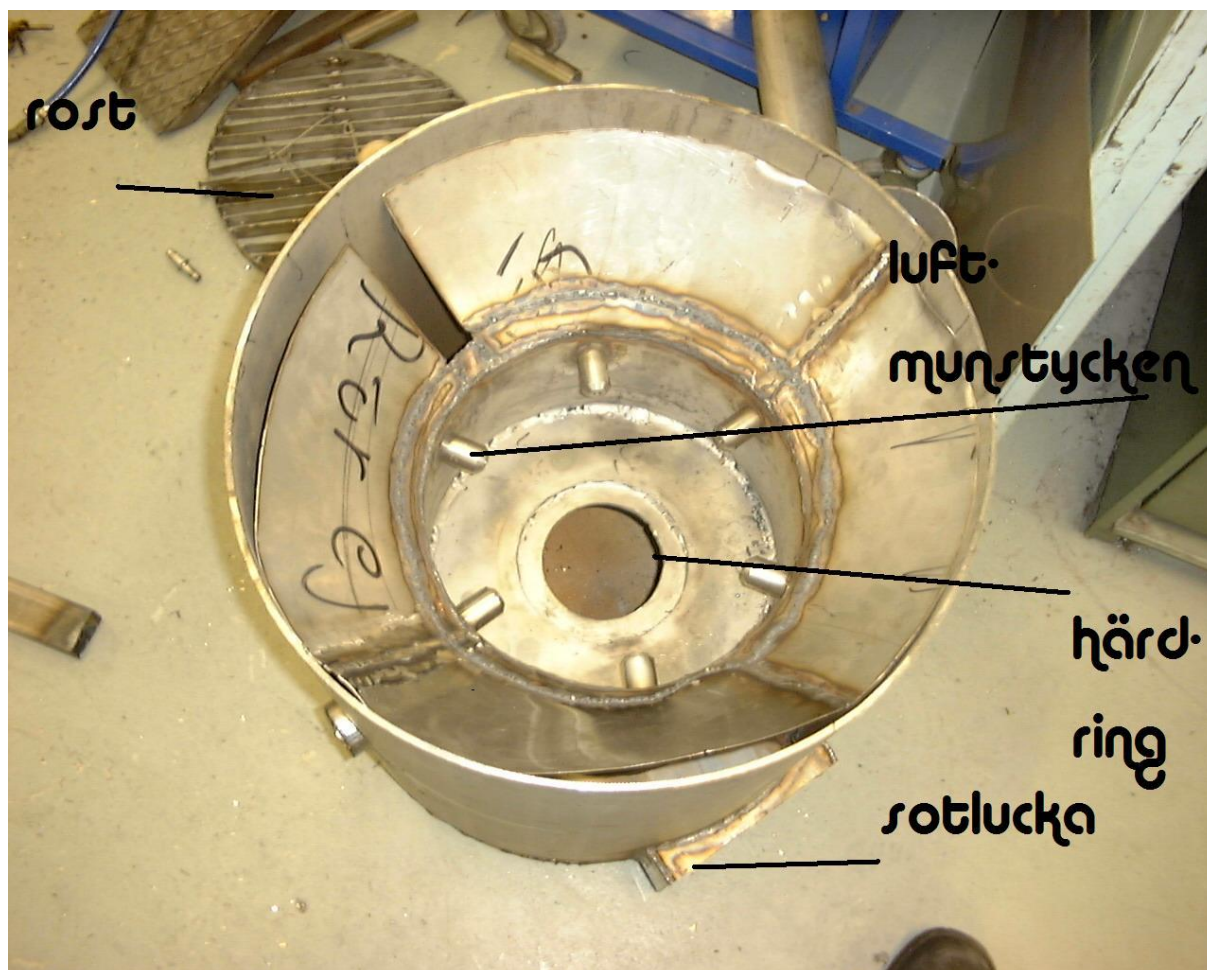
## 2.2. Gengasfakta

Gengasen eller kolmonoxid bildas från den koldioxid som bildas vid förbränningen (oxidationen) av biomassan varvid det uppstår väldigt mycket värme.

För varje koldioxidmolekyl som bildas (d.v.s. när syre och kol förenas i en molekyl frigörs 92,2 kcal värme (kemisk formel =  $C + O_2 + 92,2 \text{ kcal}$ ). (Gengassidan) Kilogram kalori definieras som den energi som åtgår för att höja temperaturen en grad Celsius på ett kilogram vatten. Som tidigare nämnts alstras det mycket värme när koldioxid uppstår, värmen i härden kan faktiskt uppgå till 1500 grader Celsius men håller sig vanligen mellan 1100- och 1300grader. (Gengassidan)

Denna värme behövs dock när koldioxiden skall sönderdelas. I härden sönderdelas koldioxiden, och även vattnet. Gasen är ännu inte brännbar utan måste passera ett skikt av kol och reduceras (sättas samman till kolmonoxid) efter detta måste gasen renas från sotpartiklar m.m. (Gengassidan) Detta kan ske på olika sätt och skiljer sig även mellan kolgas och vedgas eftersom vedgasen innehåller mycket vatten jämfört med den relativt torra kolgasen. Kolgasen kan

filtreras med en enkel filtrerduk medans vedgasen behöver en sorts anordning som tar bort vattnet. En lösning på detta är så kallade kondensmantlar som redan före förbränningen avlägsnar en stor del av vattnet, denna kondensering kan också ske i kylaren eller i så kallade vattenbarriärer. (Haventon, 2005, ss. 25-40)



Figur 2 gasgeneratorns viktiga delar.(Egna bilder)

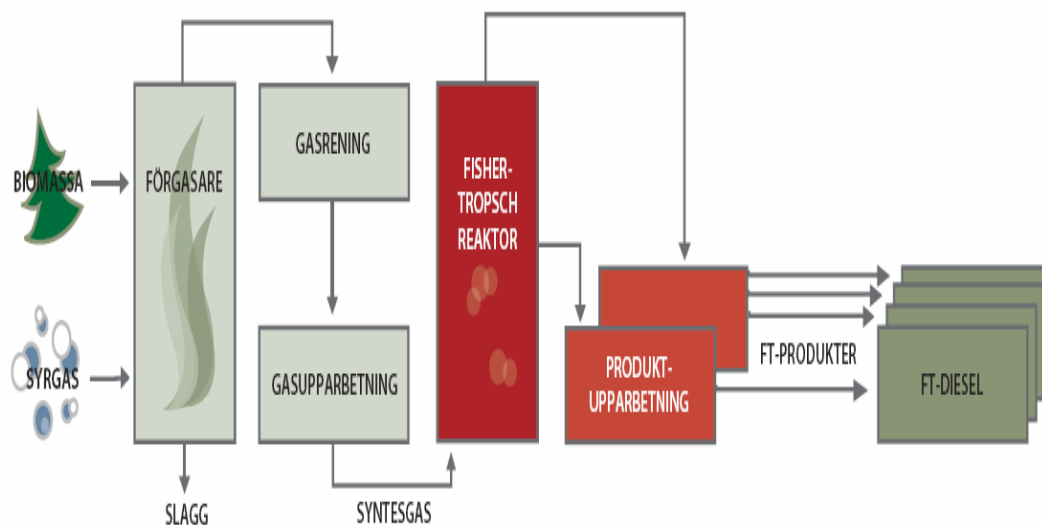
Gengas bildas när luft kommer in genom luftmunstycken (figur 2) som finns placerade runt härden (figur 2), varvid förbränningen av trä uppstår, som i sin tur bildar koldioxid och värme efter detta dras gasen ner genom härdringen (figur 2) och träffar det glödande kolet och sönderdelas sen flödar den vidare genom "kolhögen" på rostet (figur 2) och reduceras till kolmonoxid (d.v.s. gengas). (Gengassidan)

### 2.3. Andra användningsområden (FT Diesel.)

FT är egentligen initialerna till två tyska vetenskapsmän som heter Franz Fischer och Hans Tropsch. Dessa två tog år 1923 patent på en metod att tillverka långa kolvätekedjor så kallade parafiner ur syntetgas med hjälp av en järnkatalysator. Under andra världskriget hade tyskarna stor brist på olja och utvecklade en teknik att utvinna FT-diesel från kol detta kom att kallas CLT (coal to liquids). Totalt fanns 9 CLT anläggningar i Tyskland under andra världskriget. (Höök, 2007, s. 4)

Efter andra världskriget har tekniken utvecklats i Sydafrika av Sassol. Under 90- talet har byggde även Shell en anläggning i Malaysia, efter stora framsteg tekniskt och efter kraftiga höjningar av oljepriserna har även andra stora oljebolag t.ex. Exxon Mobile, ConocoPhillips beslutat att bygga GLT (gas to liquids är också baserat på FT teknik) anläggningar i Qatar i mellanöstern. Totalt ligger investeringarna i storleksordningen 20-30 miljarder € och kommer småningom att kunna producera ca 30 miljoner m<sup>3</sup> varje år av olika sorters ft-produkter främst FT-diesel. (Höök, 2007)

Inom EU ökar nu intresset snabbt för BLT (biomass to liquids är också baserat på FT teknik) på grund av det stora intresset att minska CO<sub>2</sub> utsläppen och då räknas ft-produkter framställda från förgasad biomassa som CO<sub>2</sub> neutrala. Eftersom de är framställda från förnybara råvaror och räknas således in i växtriketets CO<sub>2</sub> kretslopp de är dessutom fria från svavel och aromater. (Sundsvalldemoplant)



Figur 3 Funktionsprincip av FT process med biomassa som råvara. (Sundsvalldemoplant)

### 2.3.1. FT princip

I FT syntesen reagerar en mol CO med två mol H<sub>2</sub> i en katalysator som vanligen består av järn eller kobolt. När gasen är i katalysatorn reagerar den med varandra med hjälp av värme och tryck, resultatet av detta blir vanligtvis långa kolvätekedjor uppbyggda av -CH<sub>2</sub>- + en mol vatten per kolenhet. (Höök, 2007, s. 4)

Ungefär en femtedel av energin övergår till värme i den exotermiska reaktionen:  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{-CH}_2\text{-} + \text{H}_2\text{O}$

Som synes i reaktionen ovan behövs det två stycken H<sub>2</sub> och en molekyl CO. Om förhållandet mellan väte och kolmonoxid är lägre än 2 utjämnas förhållandet i en WGS (water gas shift) reaktion:



Om FT katalysatorn består av järn finns en inbyggd WGS aktivitet och

således behövs ingen extern apparatur för WGS med koboltkatalysator måste extern apparatur för WGS installeras eftersom det inte finns WGS aktivitet i koboltkatalysator, en annan nackdel Med kobolt är att det är ca 230 ggr. Dyrare än järn, dock håller koboltkatalysatorn längre och ger större utbyten av kolväten. (Sundsvalldemoplant)

När längre kolvätekedjor bildas i FT katalysatorn kallas det polymerisation och utav denna process fås kolvätekedjor med längder från (C1 – C4) gaser, (C5 – C11) nafta, (C12 – C20) diesel, (>C20) vaxer. Hur stor mängd av de olika ämnena som erhålls beror på katalysator typ, temperatur, tryck och tid i katalysatorn. (Sundsvalldemoplant)

För att FT processen skall fungera måste syntetgasen komprimeras till åtminstone 15 – 18bar, men vanligen väljs ett tryck på 25 – 30 bar. Gasen behöver ha hög kvalitet för att inte skada katalysatorn, den skall i princip vara svavel och sotfri (<1ppm) samt huvudsakligen bestå av kolmonoxid och vätgas. Inerta gaser är t.ex. koldioxid, metan och kväve summan av dessa bör reduceras till <10% innan gasen kommer in i katalysatorn.

Det ovannämnda gör att en förgasning med luft är så gått som omöjlig i och med att luften innehåller 78 % kväve och halten av inerta gaser blir således allt för hög. Dock har olika system att med hjälp an ånga eller påspädning med syre visat sig funka. (Sundsvalldemoplant)

### **2.3.2. Katalysator typer**

Beroende på vilken slutprodukt som önskas så finns det två olika typer av FT katalysatorer, antingen lågtemperaturkatalysator(LTFT) eller högtemperatur katalysator (HTFT) med LTFT katalysator fås längre kolvätekedjor och med HTFT fås kortare. Tack vare att LTFT katalysatorn har lägre investeringskostnader samt en ökad efterfråga på biodiesel har gjort att intresset för LTFT ökat kraftigt. (Sundsvalldemoplant)

Temperaturen i LTFT – syntesen är 200 – 240 °C med kobolt eller järnkatalysator. H<sub>2</sub>/CO förhållandet med koboltkatalysator bör vara 1,9 – 2,1 och med järnkatalysator får förhållandet vara 0,7 – 2,0 på grund av den inbyggda WGS funktionen. Två typer av LTFT katalysatorer används normalt; Multitubular fixed bed (FB) eller Slurry phase katalysator (SPR). FB-katalysator, som använts under lång tid, består av stående tuber innehållande katalysatormassa

där syntesgasen leds in upptill och vaxerna rinner ut i botten på reaktorn. SPR -katalysatorn började användas under 90-talet, katalysatormassan som används i katalysatorn suspenderad i vätska i form av korn (0,1mm). (Sundsvalldemoplant)

Temperaturen i HTFT – syntesen är 300-370°C med järn som katalysator, H<sub>2</sub>/CO förhållandet bör vara mellan 0,9 och 1,1. Två typer av katalysatorer används vanligtvis; cirkulerande fluidicerande bädd (CFB) och fast fluidicerande bädd (FFB). Om man jämför dessa två katalysatorer med varandra talar följande fördelar för FFB: ca 40 % lägre investeringskostnader, större diameter = större kyltor = högre kapacitet, all katalysatormassa är i kontakt med gasen, katalysatorn är känslig för nötning vilket minskar med minskad gashastighet.

Eftersom FT- syntesen avger värme vid kemisk reaktion måste katalysatorn kylas. Kylningen av katalysatorn kan ske antingen med ångtillverkning eller med hetolja. Kylningen och kontrollen av denna är väldigt avgörande för att få ett optimalt utbyte av längre kolväten. (Sundsvalldemoplant)

I dagsläget använder man sig av naturgaser till tillverkning av FT produkter och då använder man sig mestadels av Slurry Phase katalysatorer. Där strävar man efter att utvinna vaxer som sedan hydrocrackas till kortare kolväten främst FT- diesel. Tekniken utvecklas i dagsläget inom CTL. Inom BTL har tekniken således stått relativt stilla trots att det är denna som skulle kunna användas i stor omfattning i Norden. (Sundsvalldemoplant)

### **2.3.3. FT och gengas**

Om man använder gengas som råvara till FT processen kallas detta för BTL eftersom råvaran för gengas är trä och det är således en biomassa. Största problemet om man skall använda en vanlig gengasgenerator är att gasen får för lågt värmevärde på grund av att luftens kväve blandar sig med gasen och bildar en inert del av gasblandningen. Detta kan avhjälpas med tillsats av antingen rent syre antingen enbart eller utspätt i luften och/eller med ånga. (Sundsvalldemoplant)

Det finns en del företag i Europa som forskar och utvecklar olika tekniker för att förgasa biomassa till syntetgas med tillräckligt högt värmevärde för användning till FT process för fram-

ställning av drivmedel. Av de olika företagens modeller finns det främst tre stycken som är av intresse: Choren, Repotec och Future Energy. Av dessa tre är det främst Repotec som är intressant för småskalig framställning av syntetgas eftersom den är den enda varianten som använder enbart ånga och luft utan tillsats av extra syre. Man skulle således kunna framställa ånga när man kyler gasen och på så vis skulle man inte behöva köpa syrgas utan det skulle bli en helt självständig process där man endast behöver tillsätta ved och vatten i förgasningssteget. (biofuelregion)

Eftersom katalysatormassan är ganska känslig mot föroreningar är efterbehandlingen av gasen viktig. Det man behöver avskilja från gasen är: stoft, tjära, svavel, metan och koldioxid. För avskiljning av stoft använder man vanligtvis en cyklon monterad direkt efter gasgeneratoren som grovavskiljning efter det kan man använda vattenbarriärer (även kallade våtskrubbers) som avskiljer små partiklar och i viss mån tjära samtidigt som den kyler gasen, man kan även kyla gasen och filtrera den i värmetålga filter. För att avskilja tjära används våtskrubbers med en speciell olja som absorberar till tjäran det finns även elektrofilter för avskiljning av tjära, en gammal metod att avskilja tjära är att filtrera gasen genom träull när den är nedkyld. (Sundsvalldemoplant)

Svavel avskiljs enklast med våtskrubbers men för att säkerställa att inget svavel finns i gasen installeras vanligen ett filter med zinkoxid. Metangasen kan omvandlas termiskt eller katalytiskt till vätgas och kolmonoxid med hjälp av ånga och/eller syre, men våtskrubbers kan också användas för att reducera metanhalten i syntetgasen. Koldioxid kan avlägsnas med membranfilter men man kan också använda våtskrubbers eftersom vatten binder koldioxiden i kolsyra, den avskiljda koldioxiden skulle också kunna föras in tillbaks i gasgeneratoren eftersom man kan tillföra en del koldioxid utifrån till reduktionsområdet i gasgeneratoren utan att temperaturen sjunker för mycket. (Sundsvalldemoplant)

## **2.4. Stora framsteg inom gengasen**

Utvecklingen av gengas har pågått ända sedan mitten av 1800- talet då gasgeneratorer med nedåtriktad förbränning användes för att värma järnindustrins ugnar för att sen i slutet av 1800- talet användas i liten skala på motorer i stationär drift. Först i början av 1900- talet bör-

jade man använda generatorgas till drift av motorfordon, då användes de främst på större fordon såsom lastbilar och rälsbussar. (Haventon, 2005, ss. 37-39) De gasgeneratorer som användes var av en typ som hade uppåtriktad förbränning. Man hade dock väldigt stora problem med den höga tjärhalten som var svår att avlägsna. (Haventon, 2005, s. 37)

I slutet på 30- talet började den stora revolutionen inom gengasdriften av fordon. De nya aggregaten hade till största delen nedåtriktad förbränning eller andra liknande konstruktioner och dessa fungerade avsevärt bättre än de tidigare versionerna. De tidigare problemen med höga tjärhalter och allmänt orena gaser hade nästan helt eliminerats med bättre förbränning och nya filtreringsmetoder men problemet med tjära kvarstod dock. (Haventon, 2005, ss. 38-41).

Under 40- talet var det kapprustning mellan de olika konstruktörerna, trots att åtgången ännu inte var så stor kom det nya generatortyper på löpande band. Två svenska namn var väldigt starka i branschen dessa var Axel Svedlund och Torsten Källe. (Haventon, 2005)

Torsten Källe är den man som kommit att betyda väldigt mycket för gengasdrift av fordon. Han har själv sagt i ett nummer av tidningen Teknisk Tidskrift utgiven januari 1942, att han när han kört med en nyligen inköpt gengasbil att han var mäkta imponerad av att man med så enkla medel som en någorlunda tät plåtburk, ett rost, ett rör som man för in luft i och en säck träkol kunna få något så kräset som en modern förbränningsmotor att gå. Vad han också kom fram till under sin körning att det fanns en hel del förbättringar att göra. (Källegeneratören) Han trodde att om man fick kolet finare fördelat just i återtändningsögonblicket så skulle starttiden förkortas avsevärt. Så då gjorde han röret som luften infördes i löstagbart så att man genom att stöta med det skulle finfördela kolet och således få fram fräscha rena brottytor som påskyndade de kemiska reaktionerna och således förkortades starttiden. (Källegeneratören)

Han märkte också att bilen vid drift plötsligt kunde börja förlora kraft för att sen plötsligt börja återfå den. Detta misstänkte han att skulle bero på att gasen skulle slingra sig förbi kolet och således bli helt o reducerat. Detta ansåg han bero på de stora rostytorna som vid låg gasförbrukning gav gasen en väldigt stor genomledningsyta vilket innebar att det skulle kunna finnas många olika vägar för gasen att smita igenom. (Källegeneratören).

Detta problem löste han med att göra gasuttaget i ett rör som omslöt luftröret och att sen tillsluta ett membran som reagerade på trycket i generatören, genom att sen fästa luftröret i detta behövde han inte längre gå ut och "hacka" med luftröret för ett få finfördelat kol, ty detta



sköttes nu av tryckförändringarna som uppstår när motorns gasförbrukning ändras. Han konstruerade även ett rost eller gitter som han kallar det som passade emellan luftröret och gasröret och tack vare att luftröret rör sig in och ut i gasröret beroende på gasbehov, så att med minskat gasbehov blir också rostytan mindre och vice versa. Denna rörelse bidrar också till att rostet tillgodoses med nytt kol hela tiden. (Källegeneratoren)

När han sen monterade en cycklonrenare och placerade en ejektor i botten på den och drev den med avgaser från motorn som var avsedda att återinledas i generatoren så fick man med de fina kolpartiklar som lämnat i cycklonrenaren och således kunde även de återanvändas. Iden med att återleda avgaser är den att avgaserna innehåller ganska mycket koldioxid som kan användas till framställning av gengas. (Källegeneratoren) Problemet med detta är att det kyler ganska effektivt och eftersom det behövs en temperatur på över 900 grader Celsius för att koldioxiden skall sönderfalla måste denna återinföring av koldioxid begränsas till ca 17 %, annars sjunker temperaturen under 900 grader. (Källegeneratoren)

Alla dessa modifieringar gjorde att en enda generatorstorlek kunde användas till alla motorstorlekar. Dessutom var de väldigt ekonomiska tack vare återinföring av både avgaser och kolpartiklar som lämnat i cyklonen, den var också den mest driftsäkra i olika förhållanden, dessutom var den lättanvänd och kompakt. Att den var så gott som underhållsfri vid drift eliminerade också många av de andra farorna med gengasdrift som annars uppstod när man slaggade och sotade. (Källegeneratoren)

## **2.5. Gengas idag**

Trots alla framsteg som gjordes under 30-, 40- och 50-talet så var det ändå en stor lättnad för folket när priset på bensin åter sjönk så att man kunde återgå till den betydligt problemfriare driften med fossila bränslen och nästan all gengasutrustning skrotades gladeligen. (Haventon, 2005) Detta har tyvärr gjort att utvecklingen inom detta område nästan helt stannat upp i alla länder tills någon gång i mitten på 90-talet när miljöfrågan blossade upp på allvar och då blev tekniken åter intressant. Dock har utvecklingen i vissa länder existerat men där har tekniken utvecklats under fattiga förhållanden och den har således inte applicerats med modern teknik och kunnande.

Dagens användning och utveckling inom gengastekniken inriktar sig mestadels på pannförbränningar, utvinning av kolväten i olika former och i väldigt liten skala för direktdrift av motorer. Den utveckling som gjorts för direktdrift av motorer har till största del skett på ett privat plan, då främst för drift av egna bilar på pellets eller träflis. Trots detta har man lyckats förfinat tekniken avsevärt jämfört med de krigs- och efterkrigstida tillämpningarna, det finns till exempel personer som har kört med sina bilar 100 000 km utan betydande driftstörningar och detta dels p.g.a. modernisering av gasgeneratorn och dess tillhörande utrustning men också kanske p.g.a. att man har haft tillgång till vältorkat bränsle såsom pellets. (Ekomobiili)

Panntekniken har utvecklats på så sätt att man börjat tillämpa gengasteknik i alla möjliga former för att få effektivare förbränning, större verkningsgrad och renare avgaser. Man använder även tekniken för att den förenklar magasinering av det brännbara materialet direkt i förgasningsutrymmet och man behöver således ingen skild behållare med all invecklad och känslig teknik för överföring av det brännbara materialet därifrån.

## **2.6. Tidigare forskning**

Tidigare forskning har gjorts om småskalig elproduktion på bland annat Chalmers i Göteborg. Där var det också på sjöingenjörsprogrammet som tre stycken byggde en prototyp med ett 2 kW generator. Denna prototyp blev dock inte så lyckad eftersom de hade problem med att erhålla tillräckligt god kvalitet på gasen. (Carlsson, Jansson, & Wiland, 2008)

En annan studie har gjorts utav FAO en organisation tillhörande FN där man studerat möjligheterna till småskalig elproduktion med hjälp av gengas. De har bland annat ett exempel från Paraguay där ett sågverk började använda ett gengasdrivet elverk år 1978 och efter fyra år i drift rapporterade ägaren goda erfarenheter utav anläggningen. Fram till 1983 hade anläggningen gått 8000 timmar och under den tiden har den producerat 160000kWh. (FAO , 1986)

## **3. Arbetsbeskrivning**

I denna del kommer jag att beskriva hur prototypen kom till samt några tankar och funderingar gällande konstruktionen av denna prototyp.

### **3.1. Tillvägagångssätt tankar och fakta**

När jag tillverkade denna prototyp har jag varit tvungen att förlita mig på internetkällor vad det gäller själva gasgeneratoren. Vid dimensionerandet av cyklonfiltret blev det att använda det material som fans tillgängligt och vid dimensioneringen utav skrubbern användes dels det material som fans tillgängligt men också beräkningar har gjorts på t.ex. erforderlig kyleffekt.

### **3.2. Dimensionering av prototyp**

För att god kvalitet på den producerade gasen skall kunna erhållas måste gasgeneratoren samt reningsanläggningen vara rätt dimensionerade. För att kunna göra dessa dimensioneringar användes fakta som erhålles från motortillverkaren samt en hel del data från internetkällor och böcker.

#### **3.2.1. Gasgenerator**

Eftersom jag i detta fall redan hade en gasgenerator dimensionerad för en motor med slagvolym om 1,5 liter och ett varvtal om 1500 så gällde det egentligen att hitta en motor som passade till denna gasgenerator. Det som gjordes när motorn valdes var att jag räknade ut gasbehovet för denna motor vid olika varvtal för att se om det var praktiskt möjligt att använda den tillsammans med den befintliga gasgeneratoren.

För att dimensionera gasgeneratoren behöver man veta hur mycket gas motorn behöver, sen finns det flera varianter av att räkna ut gasbehovet det ena är genom att räkna ut en teoretisk sugvolym och sedan dela denna med två så erhålles det teoretiska gasbehovet ( $V_{gas}$ )(Se formel nedan). (Carlsson, Jansson, & Wiland, 2008, s. 14)

————— —

( $V_c$ = motorvolym,  $n$ = motorns varvtal,  $c$  = motorns fyllningsgrad)

En annan variant är att räkna med erfarenhetsvärden (konstanten  $K$ ) som finns i en del litteratur och som även står som grund till beräkningarna som använts till att dimensionera gasgenerator och motor till varandra i prototypen (Se formel nedan). (Gengassidan)

( $V$ = motorvolym,  $n$ = motorns varvtal,  $K$  = konstant)

Efter man har erhållit det maximala gasbehovet kan man räkna ut erforderlig area på hålet i härdringen ( $A_h$ ). För att räkna ut detta används ett erfarenhetsvärde för max härdbelastning som har enheten kubikmeter per kvadratcentimeter per timme och detta värde bör vara ca:  $0,9m^3/cm^2/h$  (Se formel nedan). (Carlsson, Jansson, & Wiland, 2008, s. 14)

—————

För att erhålla god gaskvalitet måste även primärlufts munstyckena vara korrekt dimensionerade. Primärlufts munstyckenas area ( $A_m$ ) bör hållas emellan 3 och 14 % ( $F\%$ ) utav härdringens hålarea (Se formel nedan). (Carlsson, Jansson, & Wiland, 2008, s. 14)

—————

Om vi använder oss av den förstnämnda metoden för att räkna ut gasbehovet får vi följande dimensioner på härdringen när vi använder oss av värden från bilaga 1.

————— —

---

Om man sen använder sig av formeln för att räkna ut arean på hålet i härdringen fås följande:

---

Och diametern enligt följande:

---



---

Efter detta kan man räkna ut arean på primärlufts munstyckena enligt tidigare nämnd formel:

---



---

Eftersom det är fråga om en så liten gasgenerator bör den större arean användas. Antalet munstycken väljs till sex för att trygga en jämn fördelning i härden. (Gengassidan)

---



---

Andra varianten är att räkna ut gasbehovet med hjälp av erfarenhetsvärden och den formeln som gällde för detta:

Efter detta kan man då räkna samma harang igen eller använda sig av bilaga 2 för att välja lämplig generatortyp. Detta är vad jag har gjort eftersom man får samtliga mått på härden därifrån och dessutom är detta beprövade generatortyper som har testats under krigstiden och visat sig fungera.

### 3.2.2. Cyklonrenare

På grund av det tillgängliga materialet blev cyklonen kraftigt överdimensionerad, inga beräkningar har således gjorts på den.

### 3.2.3. Skrubber

Skrubbern har två uppgifter i denna anläggning. Den första uppgiften är att rena gasen från fasta partiklar och tjärämnen till detta bidrar dels tvättningen med vatten och dels den sänkta gashastigheten i skrubbertornets övre del. Den andra uppgiften är att kyla gasen och detta sker dels genom värmeöverföring till stenarna och dels genom direkt kylning samt förångning av tvättmediet (vatten). Den värme som stenarna åtar sig måste emellertid också ledas bort med hjälp av vattnet så man kan räkna med att all värmeenergi som fräntas gasen måste transporteras bort från tornet av det cirkulerande tvättmediet eftersom ledningsförlusterna ut från tornet anses vara försumbara.

Kyleffektbehovet kan räknas med hjälp utav följande formel: (Carlsson, Jansson, & Wiland, 2008, s. 15)

( $C_{p_{gas}}$  = gasens specifika värmekapacitet vid konstant tryck)

För att sedan räkna ut erforderligt vattenflöde när man enbart kan tillåta en viss temperaturökning på tvättmediet i kyltornet används samma formel som ovan men man bryter ut volymflödet och byter ut konstanterna till de för vatten.

---

För beräkningar utav kyleffektbehov och erforderligt vattenflöde används värdena ur bilaga 3

---

Vilket ger 2,1kg/min

För kylning utav tvättmediet i tanken används vatten som cirkulerar i en kopparslinga (längd 1,5m ytterdiameter 22mm vägg tjocklek 0,8mm) i tanken och som har en ingående temperatur på 20°C. Beräkningen sker då enligt formeln nedan. (Alvarez, 2008)

---



---

Detta ger med insatta värden:

---



---

Om man utgår från bilaga 3 ser man att den logaritmiska medeltemperaturdifferensen ( ) för en största temperaturdifferens på 10K och en minsta på 2K är ungefär 5K. Detta ger enligt formeln nedan. (Alvarez, 2008)

Med denna kyleffekt finns det spelrum för lite beläggningar på kylslingan.

Kylvattenflödet i slingan beräknas utgående från temperaturökningen på 8K i slingan

---



---

Utgående från dessa framräknade värden kan man få en viss uppfattning om storleksordningen på vattenflödena dock bör man komma ihåg att vissa värden i beräkningarna är baserade på antaganden och därför dimensioneras kylpumparna för en viss överkapacitet.

För att kondensera ut vattnet som förångats placeras ett stenlager ovanför vatten munstycket. För att ytterligare kondensera ut vatten ur gasen är frånflödesröret oisolerat och placerat lodrätt parallellt med skrubbertornet och har ett vattenlås placerat ovanför vattentanken med en dränering från vattenlåset till tanken(figur 4). Efter detta leds gasen till finfiltret före gasblandaren inuti ett dubbelmantlat där gasen till skrubbern går i det yttre röret och på så sätt värms gasen upp lite grann, detta enbart för att sänka den relativa fuktigheten hos gasen och förhindra kondensbildning i gasblandare eller motor.



Figur 4 Skrubber. (Egna bilder)

### 3.3. Byggdagbok

Dagarna före jul 2010 anskaffades rör av olika slag till cyklon, skrubber, framledning och för kylning av gas till en kostnad om 90€. Även 500kg träpellets inhandlades för proveldning utav gasgenerator samt för senare provkörning av anläggningen detta till en kostnad om 130€. Några dagar senare inhandlades också en generator med en effekt på 7.5 kVA till en kostnad om 400€. hittills hade 620€ satsats i direkta kostnader på projektet som ännu enbart bestod av en hög med skrot ett halvt ton pellets samt en gammal generator ingen hade någon aning om den fungerade eller ej.



## JUL

**27.12.2010.** Morgonen inleddes med att modifiera en gammal fläkt för att den skulle passa till sugledningen på generatoren. När detta var klart och fläkten monterad kunde jag genast börja fylla pellets i gasgeneratoren eftersom det redan fanns en del kolrester på rosten sen min förra proveldning med kutterspån ansåg jag det onödigt att fylla med kol innan pelletsen kunde fyllas i generatoren. Strax innan 11 på förmiddagen kunde eldningsproverna påbörjas.

Till en början var det vissa svårigheter med att få fyr i generatoren eftersom inget lämpligt tändmateriel fanns tillgängligt men efter en stund löstes detta med hjälp an lite tändvätska . efter 15-20 minuters fläktande genom generatoren kunde en brännbar gas erhållas från fläktutloppet i detta skede skruvades korken till tändröret fast varefter flamman vid fläktutloppet nästan genast började avta i intensitet för att efter en stund gå bakvägen in i generatoren och orsaka en liten explosion i generatoren.

Efter en stunds genomfläktande och yttre visuell inspektion av generatoren kunde proverna fortgå. I de nästkommande försöken att tända gasen var det väldigt svårt att få gasen tänd, ända tills locket till tändröret skruvades bort varvid det nästan genast blev ett bättre flöde på gasen och inom kort var gasen lätt antändbar igen. Men efter att korken till tändröret igen skruvades på uppstod samma problem som förra gången. Denna process upprepades ett antal gånger innan det var möjligt att få god gasproduktion även med påskruvad kork. Ett par orsaker kan tänkas ligga bakom detta fenomen, den första är det att det helt enkelt tog den tid det tog innan pelletsen ”brann” helt runt om i härden, den andra orsaken är den att några av primärlufts munstycken kanske var igenstockade av några förbränningsrester från de förra proveldningarna eftersom generatoren hade fraktats med dessa inuti.

Efter det att problemet med gasproduktionen hade löst sig uppdagades ett nytt problem och detta var att fläkten hade börjat föra oroväckande oljud och detta endast ca en timme efter att proveldningarna hade börjat. Men efter en stund upptäcktes det att det droppade en svart vätska ut från fläkthuset. Fläkten vändes så att ut- blåset kom i nedre kant av fläkthuset varvid det rann ut en hel del tjärvatten ur fläkten och den återfick så småningom sitt normala ljud.

En annan sak som också upptäcktes var att det var väldigt svårt att erhålla rätt gasflödes hastighet vid fläktutloppet. Var hastigheten för låg gick lågan bakvägen in i generatoren varvid en liten smäll hördes och var gashastigheten för hög blåste det hela tiden ut lågan. En lösning på detta skulle kunna vara att konstruera fläktutloppet på samma vis som t.ex. ett kosan brännare

munstycke med ett grövre rör utanpå det inre röret så att luften suggs upp emellan det inre och det yttre röret.

Det man kan konstatera under dagens proveldning är att en god gaskvalitet kunde erhållas under största delen av de sista fyra timmarna av eldning dock kvarstod vissa problem såsom hög tjärhalt och problem med att få lågan att brinna konstant. Dock kan jag konstatera att den brann först med gul låga för att sen gå över till blå och efter det till en nästan helt vit eller genomskinlig låga, man hade svårt att se lågan med ögat vid vissa tillfällen men man kunde höra och känna att den brann.

**28.12.2010.** Dagen började med demontering utav motorn som skall användas till projektet från den trädgårdstraktor den satt väl fastsvetsad på. Efter demonteringen var klar visade det sig att motorn passade på de befintliga fästena på generatorkärnan med enbart mindre modifikationer.

**29.12.2010.** De slutliga justeringarna för motorinfästningen gjordes och kilremsspännaren började tillverkas.

**30.12.2010.** Första provkörning av generatormotorn med halvfärdig kilremsspännare, generatormotorn gav ut spänning så försöken avslutades och spännaren färdigställdes. Efter att spännaren var färdig konstruerades ett provisoriskt gaspådrag (modell järntråd) och generatormotorn kunde nu provköras med belastning.

Enligt den mätutrustning som fanns på generatormotorn (en voltmätare samt en amperemeter kopplad på en fas) gav generatormotorn vid denna provkörning ut 360V 8A motorn orkade alltså inte hålla varvtalet uppe ens med den lägsta belastningen på byggvärmaren som användes som motstånd. Efter detta monterades luftfiltret bort som visade sig vara helt igentäppt. Efter detta provkördes generatormotorn ännu en gång och då erhöles utan problem spänningen 380V och nu var strömmen 9-9,5A. I detta skede gick det också att ytterligare öka varvtalet på motorn.

Någon effektberäkning blir i det här skedet svår att göra eftersom jag inte vet om alla faser belastades jämt vilket de knappast gjorde. En sak som dock kunde konstateras var att motorn mistände och sköt eldkvistar ur avgasröret orsaken till detta måste utredas innan fortsatta provkörningar kan hållas.

**NYÅR!**

**03.01.2011.** Påbörjat konstruktion av skrubber den tilltänkta vattentanken som är en gammal tryckluftstank från en lastbil kortades och samtidigt installerades en kylslinga av koppar i tanken diameter 22mm. Och total längd 1500mm. Innan tanken svetsades ihop igen monterades också tornet var själva gasreningen skall ske. Till detta inhandlades 2 rörkrökar i koppar samt koppar lod för 7,90€

**04.01.2011.** Efter en stunds planering på morgonkvisten inhandlades 10 st. rörkrökar 90 grader diameter 48mm. För fortsatt konstruktion av skrubbern samt resten av anläggningen. Under dagen fästes kondensrör med tillhörande vattenlås samt ett uttag för kontroll och fyllning av vätskenivån i tanken.

**05.01.2011.** Tillverkat fäste för skrubben på generatorkärnan av restbitarna av tryckluftstanken. Monterat skrubbern på generatorkärnan och börjat att förlänga ramen på kärnan så att gengasgeneratoren skall få plats.

Plockat ner toppen på motorn för att hitta orsaken till misständningen. Denna hittades ganska snart och torde bero på en kraftigt bränd avgasventil som förorsakats av ett för litet ventilspel. I övrigt såg motorn ut att vara i gott skick inga stora vändkanter och allt var rent och snyggt.

**06.01.2011.** Transport av gengasgenerator till verkstad.

**10.01.2011.** Planerat rördragning för sammankoppling av gasgenerator, skrubber och gasblandare/motor. Kommit fram till att ett dubbelmantlat rör skulle vara en bra lösning för då kan gasen från generatoren gå i det yttre röret till skrubbern och gasen från skrubbern gå i det inre röret halvägs tillbaks i röret för att värmas upp lite igen och sänka den relativa fuktigheten under dagpunkten och som en bonus kan primärluften till gasgeneratoren förvärmas i andra halvan av röret för att uppnå en högre temperatur i oxidationszonen så att så mycket som möjligt av tjäran brinner upp där.

Efter detta monterades generatoren på den förlängda ramen medelst svetsning. Gasgeneratoren placerades så att allt arbete som kan förekomma på den skall kunna utföras lättast möjligt och på ett så säkert sätt som möjligt. Askluckan placerades vinkelrätt åt sidan, skakarmen till rosten sitter lättillgänglig och påfyllningslocket öppnas snett åt sidan så att fyllning av bränsle skall kunna ske tryggt.

**11.01.2011.** Påbörjat tillverkning av cyklonrenare som skall monteras direkt på gasgeneratoren för att sedan anslutas till det dubbelmantlade röret. Cyklonen tillverkades för enkelhetens

skull av ett rör och formen blev således helt cylindrisk men eftersom den i detta fall ändå är överdimensionerad borde det inte vara något större bekymmer. Under dagen påbörjades också tillverkningen av det dubbelmantlade röret.

**12.01.2011.** Fortsatt tillverkning av cyklonrenare och dubbelmantlat rör

**13.01.2011.** färdigställt det dubbelmantlade röret och cyklonrenaren och fäst dessa på generatorkärnan och gasgeneratoren på ett sätt som tillåter dessa att röra sig någon millimeter på grund av värmeutvidgning.

**14.01.2011.** planerat gasblandare och inhandlat två stycken gamla gräsklipparförgasare till ändamålet eftersom dessa redan har ett välfungerande spjäll i sig lönade det sig inte att försöka tillverka egna. Dessutom måste regulatorn på motorn orka reglera dessa spjäll och det skulle ha varit väldigt svårt att få ett tättslutande spjäll att röra sig så lätt med tillgång till enbart fil, bormaskin och vinkelslip. (Dessutom blev den totala kostnaden för förgasarna endast 5€)

**29.01.2011.** Tillverkat flänsar till gasblandaren och tillverkat en provisorisk lockslutare till skrubbern.

**05.02.2011.** Monterat ihop motorn med inslipade ventiler inga spel har blivit justerade inte heller topplocket åtdraget med moment eftersom databladet (bilaga 1) som innehöll denna info hade glömts kvar i Åbo lämnades detta till en annan gång.

**21.02.2011.** Justerat ventilspel och dragit topplock enligt instruktionsmanualen för motorn. Borrat ur en brusten bult till avgasröret och monterat detta samt plockat ihop övriga delar på motorn. Inhandlat rörkrökar samt en del andra rördelar som behövdes till gasblandaren och dess anslutningar. Fortsatt tillverkning av gasblandare.

**22.02.2011.** Fortsatt tillverkning utav gasblandare. Samt monterat finfilter och anslutning för start fläkten. Nu saknas endast en gummislang att ansluta med till gasgeneratoren.

**24.02.2011.** Färdigställt gasblandare och provkört motorn på bensin. Problem med tjuvluft eftersom inga packningar är installerade ännu och lite problem med att hålla varvtalet, dels på grund av tjuvluften men huvudsakligen på grund av att regulatorn inte var tillkopplad.

**27.02.2011.** Tillverkning av stag och länkar för reglering av de båda förgasarna för gasblandningen. Förgasaren för bensen kopplades inte till regulatorn för att den enbart skall användas vid uppstart.

**05.03.2011.** Första provkörningsdagen innan provkörning gjordes vissa finjusteringar på anläggningen. Efter antändningen av pelletsen kunde man ganska snart konstatera att fläkten som tidigare hade varit tillräckligt effektiv när den satt direktmonterad på gasgeneratoren nu inte orkade suga tillräckligt stor mängd gas genom hela anläggningen och således erhöles inte tillräckligt god gaskvalitet. Detta avhjälpes genom att motorn startades på bensen och spjället för gas öppnades så mycket det gick utan att motorn stannade. Efter en stund så gick motorn äntligen på gas och förvånansvärt bra gick den också. Den gav ut över 10 ampere och 400 volt på en fas detta var alltså mera än vad den gav ut på bensen innan motor blev renoverad. Motorn gick nu obehindrat på gas i 45 minuter i ett sträck med denna belastning men då stannade den plötsligt och måste startas på bensen igen varefter den enbart gick ca.5 minuter på gas för att på nytt stanna efter detta avbröts provkörningen för dagen. Det som kunde konstateras var att ca 3dl tjära hade samlats i finfiltret före motorn dock, så hade inte skrubbern varit i bruk under denna provkörning.

**12.03.2011.** tillverkat och monterat nya stag på gasblandaren för att bättre kunna justera gasblandningen under drift planeringen av en ny filteranläggning påbörjades också eftersom jag vid första provkörningen hade sett ett eventuellt behov av att kunna rengöra filtren under drift.

**21.03.2011.** Tillverkade mätanordning för att mäta producerad energimängd utav en gammal elmätare från ett hus. Köpte mera grejer till filteranläggningen för 130€.

**22.03.2011.** Påbörjade tillverkningen av den nya filteranläggningen. Förberedde för en andra provkörning.

**23.03.2011.** Andra provkörningsdagen, skrubbern tagen i bruk för att testa dess funktion. När motorn skulle startas så saknades kompression helt det gick inte ens att starta på bensen. När topplocket demonterades kunde jag konstatera att insugs ventilen hade klibbat fast i öppet läge och att det behövdes en hammare för att få loss den men när den väl lossade kunde den smörjas med en penetrerande rostlösare och efter en stund så gick den lätt igen. Jag kunde nu konstatera att tjäran även hade följt med in i maskinen och bildat en del beläggningar där samt att den hade klibbat fast insugs ventilen. Efter att problemet med ventilen var löst kunde motorn startas och snart gick den på gas igen. Den här gången kom det inte så mycket tjära i

filtret men en hel del vatten det var också svårt att få motorn att gå lika bra som förra gången och totalt gick den här gången endast 20 minuter och enbart 0,3kWh elenergi producerades.

**24.03.2011.** Färdigställde den nya filteranläggningen och monterade denna på anläggningen. Nu finns det dubbla linjer med dubbla filter i serie varav det första filtret fungerar enbart som ett slamglas det finns även avstängnings ventiler så att man kan stänga av en linje och rengöra den andra.

**25.03.2011.** Lastat anläggningen för hemtransport. Konstaterade i samband med lastningen utav anläggningen att den väger mellan 500 och 600kg.

**26.03.2011.** Tredje provkörningsdagen, Carl-Gustav Lindeman kom på besök för att medverka vid dagens provkörningar som började med en allmän förklaring utav anläggningens funktion. Efter detta tändes gasgeneratoren och skrubbern fylldes med varmtvatten efter att gastemperaturen stigit en aning detta enbart för att undvika att vattnet skulle frysa eftersom det var några minusgrader ute. Efter detta startades motorn och den kunde efter en stund köras på gengas. Efter övergången till gengasdrift började elproduktionen mätas en byggfläkt med en effekt om 2 kW användes som belastning och spänningen hölls på ca 360 volt. Efter en timme och 25 minuters drift stannade motorn och den totala elproduktionen under den tiden uppgick till 2 kWh i detta skede fylldes pellets på i gasgeneratoren och en halvtimmes paus hölls innan nästa startförsök.

Vid detta startförsök hade insugs ventilen igen klibbat fast och var i behov av smörjning topplocket avlägsnades således igen (Figur ) och efter detta ingrepp kunde motorn åter startas på bensin men det visade sig vara problematiskt att få den att gå på gengas. Efter mycket om och men konstaterades det att cyklonfiltret var fullt med tjärvatten samt att röret mellan cyklonen och skrubbern också var fullt med vatten och att det var detta som förhindrade motorn att suga gengas. Röret och cyklonfiltret dränerades på vatten och nu kunde motorn startas på gengas. Vid detta försök gick motorn i ca en halvtimme innan den stannade. Dagens provkörningar avslutades efter detta. Detta blev på p.g.a. tidsbrist den sista provkörningsdagen.



Figur 5 Avlagringar på topplock efter en timme och 25 minuters körning. (Egna bilder)

### **3.4. Placering och utformning av mätutrustning**

Den mätutrustning som använts vid provkörningarna baserar sig på en gammal trefas elmätare från ett hus den har alltså varit installerad och godkänd för övervakning utav husets elförbrukning. På denna elmätare monterades trefas 16 ampères uttag och anslutningskabel med stickpropp för att man skall kunna ansluta mätaren till uttaget på generatorn(figur 6). Mätaren monterades senare på en plywood skiva för att den skall kunna ställas på en annan plats för att undvika vibrationerna från motorn eftersom denna typ av mätare inte är konstruerad för att klara av sådana vibrationer.



Figur 6 Skrubber, Generator med uttag volt- och ampere- mätare, samt motorn.  
(Egna bilder)

## 4. Sammanställning av resultat

I denna del sammanställs resultaten som erhållits vid provkörningarna. Resultatens trovärdighet på grund av yttre omständigheter värderas också i denna del.



## 4.1. Resultatberäkningar

De enda resultat som jag kunde beräkna utgående från dessa knapphändiga provkörningar är en ungefärlig verkningsgrad från tredje dagens första provkörning. Enligt bilaga 4 innehåller pelletsen 4,75 kWh per kg, en fukthalt på under 10 % och har en bulkvikt på 625 kg per kubikmeter. Och eftersom vi fyllde på ca 30 liter pellets för att komma upp till samma nivå i gasgeneratoren som innan provkörningen kan följande konstateras:

Och eftersom den avgivna eleffekten var 2kWh kan följande verkningsgrad erhållas:

—

## 4.2. Avvikelse i resultat på grund av mätfel

Den avvikelse som kan finnas i mätresultaten ligger i detta fall enbart på mängden påfylld pellets eftersom den uppmätta elproduktionen måste anses vara korrekt. Det finns också andra faktorer som spelar in på den förbrukade pellets mängden det ena kan tänkas vara att pelletsen som fanns i gasgeneratoren hade blivit fuktiga på grund utav den kondensering som skett i gasgeneratoren när den kallnade att detta var fallet vittnade också den uppsvällda pelletsen som fanns i gasgeneratoren före start och när jag i efterhand provade hur mycket vatten som behövdes för att pelletsen skulle nå den grad av uppsvälldhet uppskattade jag att pelletsen som fanns i gasgeneratoren torde ha en fuktighetshalt omkring 50 % detta sänker således pelletens energiinnehåll ganska rejält och skulle leda till en ungefärlig verkningsgrad på omkring 5,5 %

### **4.3. Resultatens trovärdighet**

Trots att resultaten här ovan är beräknade med hjälp av en hel del antaganden och en väldigt kort drifttid så anser jag dem ändå som rätt troliga eftersom en verkningsgrad på 5,5 % ändå inte är särskilt hög finner jag det ändå troligt eftersom ingen ändring hade gjorts på förtändningsvinkeln samt att det är ganska troligt att också kolvringarna är fastklibbade eftersom insugs ventilen var det. Med detta som bakgrundsfakta jag också konstatera att den verkningsgrad som angetts på olika internetsidor för gengas som varierar beroende på sida men ligger mellan 14 och 20 % måste antas vara korrekta.

## **5. Sammanfattande diskussion**

I denna del behandlar jag de tankar som uppstått under fabriceringen och provkörningarna av denna prototyp. Dels är det ändringar och modifieringar som skulle kunna göras på denna prototyp men också huruvida gengasdrift skulle vara möjlig i andra sammanhang t.ex. i marina applikationer.

### **5.1. Vidareutvecklingsmöjligheter**

Som framkommer i detta examensarbete finns det fortfarande problem som behöver åtgärdas för att gengasdrift skall fungera klanderfritt. Dock tycker jag att det är ett område som borde förtjäna mera forskning eftersom det med så ringa medel och på så kort tid var möjligt att få till stånd en prototyp som fungerade någorlunda i alla fall. Det är också min övertygelse att problemen som uppstod i de två sista provkörningarna härstammade från de tjärbildningar som uppstod vid den första provkörningen när skrubbern ännu inte var i bruk. En annan sak som kan ha påverkat fastklibbningen av insugs ventilen är det faktum att det är fråga om en

sidoventilmotor som därför har ventiltallriken uppåt och ventilstyrningen således neråt så att tjäran slipper att rinna ned mellan ventilspindeln och dess styrning.

Dessutom är motorn i fråga en aning för liten för generatortypen men eftersom man på gassidan inte rekommenderade någon mindre generatortyp p.g.a. den ökade risken för stock i härdringen valdes ändå denna generatortyp. Det som de troligtvis inte haft tillgång till när dessa generatortyper har provats fram är pellets som bränsle och eftersom detta ”rinner” bättre än t.ex. flis skulle man kunna tänka sig att minska diametern på härdringen för att uppnå en ökad temperatur i härden och således erhålla jämnare och bättre gaskvalitet. En annan sak som också kunde utvecklas och testas är andra bränslealternativ som t.ex. sopor, avfall från livsmedelsindustrier m.m.

## **5.2. Tankar om framtida gengas**

Personligen tror jag att gengas kan komma att bli ett tänkbart bränsle för framtiden mestadels på grund av dess stora flexibilitet vad det gäller råvaran som används till förgasning för rent teoretiskt sett så skall all biomassa fungera som bränsle i en gasgenerator. En annan sak som talar för gengasen är att det är möjligt att använda den i befintliga förbränningsmotorer genom endast små modifieringar på dessa.

Dock är det som talar mest för gengasen det stora utbudet av bränsle vilket betyder att det finns ett stort antal möjliga leverantörer av detta bränsle som i sin tur leder till pressade priser. Dessutom är gengasen ett koldioxid neutralt bränsle eftersom den härstammar från förnyelsebara energikällor. Varför ett bränsle kallas koldioxid neutralt beskrivs som så att det ger samma koldioxidutsläpp om det skulle förmultna i naturen som om det bränns upp dessutom så använder växten under sin levnadstid samma mängd koldioxid från luften och producerar syre av detta.

Fastän tiden var en starkt begränsande faktor i detta examensarbete anser jag mig ha uppnått mina målsättningar med arbetet. För nu har jag en prototyp att vidareutveckla när tid och lust infinner

## 6. Källförteckning

Alvarez, H. (2008). *Energi Teknik*. China: Studentlitteratur.

*Biofuelregion*. (u.d.).

<http://www.biofuelregion.se/> (hämtat: 20.3.2007)

Carlsson, F., Jansson, V., & Wiland, C. (2008). *Gengas ett alternativ för småskalig elproduktion*. Göteborg: Chalmers Tekniska högskola.

FAO . (1986). *Wood gas as engine fuel*. Rom: FN.

*Gengassidan*. (u.d.).

<http://www.gengas.nu/> (hämtat: 12.11.2010)

Haventon, P. (2005). *Gengas dokument från en bister tid*. Hudiksvall: Winberg CityBook AB.

Höök, M. (2007). *Syntetiska Bränslen Från kol*. UHDSG.

Kholler Engines. *Single cylinder engines service manual*. Kholler Engines.

*Källegeneratorn*. (u.d.).

<http://www.hotel.ymex.net/~s-20222/gengas/kallegeneratorn.html> (hämtat: 11.11.2010)

*Sundsvalldemoplant*. (u.d.).

<http://www.sundsvalldemonstrationplant.se/>(hämtat:20.3.2007)

# Bilagor

## Motortillverkarens specifikationer

## Bilaga 1

HORSEPOWER (Maximum RPM) Engine Model		4	7	8	10	12	14	16	
		K91	K161	K181	K241	K301	K321	K341	
GENERAL	Bore x Stroke	2.375x2.000	2.938x2.500	2.938x2.750	3.251x2.875	3.375x3.250	3.500x3.250	3.750x3.250	
	Displacement Cu. In.	8.86	16.94	18.64	23.85	29.07	31.27	35.90	
	Max. Operating RPM	4000	3600	3600	3600	3600	3600	3600	
BALANCE GEAR	Shaft O.D.	New	—	—	.4998/.5001	.4998/.5001	.4998/.5001	.4998/.5001	
		Maximum Wear Limit	—	—	.4996	.4996	.4996	.4996	
	End Play	—	—	—	.002/.010	.002/.010	.002/.010	.002/.010	
CAMSHAFT	Sleeve I.D. Installed	—	—	—	—	—	—	—	
	End Play	.005/.020	.005/.010	.005/.010	.005/.010	.005/.010	.005/.010	.005/.010	
CONNECTING ROD	Running Clearance	Rod To Crank-Pin (New)	.001/.0025	.001/.002	.001/.002	.001/.002	.001/.002	.001/.002	
		Rod To Crank-Pin Wear Limit	.003	.0025	.0025	.0025	.0025	.0025	
		Rod To Piston Pin (New)	.0007/.0008	.0006/.0011	.0006/.0011	.0003/.0008	.0003/.0008	.0003/.0008	.0003/.0008
	Small End I.D. (New)	.5630/.5633	.6255/.6258	.6255/.6258	.8596/.8599	.8757/.8760	.8757/.8760	.8757/.8760	
M A I N S C R A N K S H A F T	PTO & Flywheel End O.D.	New	.9841/.9844	1.1811/1.1814	1.1811/1.1814	1.5745/1.5749	1.5745/1.5749	1.5745/1.5749	
		Maximum Wear Limit	.9841	1.1811	1.1811	1.5745	1.5745	1.5745	
		Max. Out of Round (Sleeve)	—	—	—	—	—	—	
	Max. Taper (Sleeve)	—	—	—	—	—	—		
	Running Clearance (Sleeve)	Maximum New	—	—	—	—	—	—	
		Wear Limit (⊙)	—	—	—	—	—	—	
	New Sleeve Bearing I.D. Installed	—	—	—	—	—	—	—	
	C R A N K P I N	New	.9360/.9355	1.1860/1.1855	1.1860/1.1855	1.5000/1.4995	1.5000/1.4995	1.5000/1.4995	1.5000/1.4995
			Max. Wear Limit	.9350	1.1850	1.1850	1.4990	1.4990	1.4990
		Max. Out of Round	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	
Max. Taper		.001	.001	.001	.001	.001	.001		
End Play	.004/.023	.002/.023	.002/.023	.003/.020	.003/.020	.003/.020	.003/.020		
CYLINDER BORE	Inside Diameter	New	2.3755/2.3745	2.9380/2.9370	2.9380/2.9370	3.2515/3.2505	3.3755/3.3745	3.5005/3.4995	
		Maximum Wear Limit	2.378	2.941	2.941	3.254	3.378	3.503	
	Max. Out of Round	.003	.003	.003	.003	.003	.003		
Max. Taper	.003	.003	.003	.002	.002	.002			
CYLINDER HD.	Max. Out of Flatness	.003	.003	.003	.003	.003	.003		
IGNITION	Spark Plug Type & Gap	TypeⓈ	RCJ-8	RCJ-8	RCJ-8	RH-10	RH-10	RH-10	
		Battery	.025	.025	.025	.035	.035	.035	
		Magneto	.025	.025	.025	.025	.025	.025	
		Gaseous Fuels	.018	.018	.018	.018	.018	.018	
	Nominal Point Gap	.020	.020	.020	.020	.020	.020		
PISTON	Service Replacement Sizes		.003 — .010 — .020 — .030						
	Thrust Face O.D.Ⓢ	New	2.371/2.369	2.9297/2.9281	2.9297/2.9281	3.2432/3.2413	3.368/3.365	3.4941/3.4925	3.7425/3.7410Ⓢ
		Maximum Wear Limit	2.366	2.925	2.925	3.238	3.363	3.491	3.738Ⓢ
	Thrust Face To Bore Clearance (New)Ⓢ	.0035/.006	.007/.010	.007/.010	.007/.010	.007/.010	.007/.010	.007/.010Ⓢ	
	Ring End Gap	New Bore	.007/.017	.007/.017	.007/.017	.010/.020	.010/.020	.010/.020	
		Used Bore (Max.)	.027	.027	.027	.030	.030	.030	
Max. Ring Side Clearance	.006	.006	.006	.006	.006	.006			
PISTON	Service Replacement Sizes		.003 — .010 — .020 — .030						
	Thrust Face O.D.Ⓢ	New	—	—	2.9329/2.9336	—	3.3700/3.3693	3.4945/3.4938	3.7465/3.7455
		Maximum Wear Limit	—	—	2.931	—	3.367	3.492	3.744
	Thrust Face To Bore Clearance (New)Ⓢ	—	—	.0034/.0051	—	.0045/.0062	.0050/.0067	.0030/.0050	
	Ring End Gap	New BoreⓈ	—	—	.010/.023	—	.010/.020	.010/.020	
		Used BoreⓈ (Max.)	—	—	.032	—	.030	.030	
Max. Ring Side Clearance	—	—	.006	—	.006	.006			
PISTON PIN	Outside Diameter	.5623/.5625	.6247/.6249	.6247/.6249	.8591/.8593	.8752/.8754	.8752/.8754		
VALVES	Guide Reamer Size		.250	.3125	.3125	.3125	.3125	.3125	
	Tappet Clearance (Cold)	Intake	.005/.009	.006/.008	.006/.008	.008/.010	.008/.010	.008/.010Ⓢ	
		Exhaust	.011/.015	.017/.019	.017/.019	.017/.019	.017/.019	.017/.019	
	Minimum Lift (Zero Lash)	Intake	.2035	.2718	.2718	.318	.318	.318	
		Exhaust	.1768	.2482	.2482	.318	.318	.318	
	Minimum Valve Stem O.D.	Intake	.2478	.3103	.3103	.3103	.3103	.3103	
		Exhaust	.2458	.3088	.3088	.3074	.3074	.3074	
	Nominal Angle Valve Seat		45°	45°	45°	45°	45°	45°	
Guide I.D. Maximum Wear LimitⓈ	Intake	.005	.005	.005	.006	.006	.006		
	Exhaust	.007	.007	.007	.008	.008	.008		

(Kholler Engines)

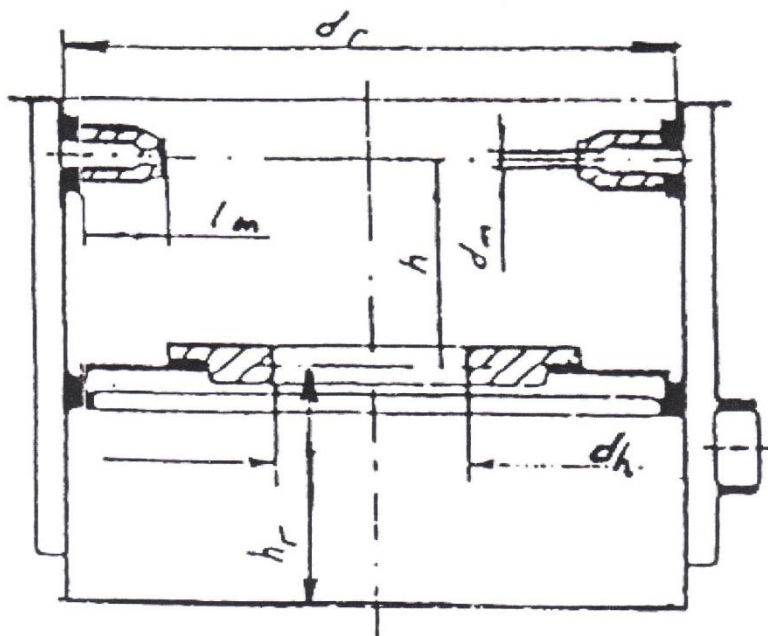
# Måttabell för härddimensioner

# Bilaga 2

**Tabell 1**

Generator- typ	Härd- beteckning $d_r/d_h$	Dimensioner (beteckningar enligt vidstående bild)						Gasmängd		Maximal vedför- brukning kg/h
		$d_h$ mm	$h$ mm	$h_r$ mm	$n$ st	$d_m$ mm	$l_m$	max. Nm <sup>3</sup> /h	min. Nm <sup>3</sup> /h	
F-1/ 50-120 1)	300/50	50	100	135	6	6,5	40	25	4	12
	300/80	80	110	125	6	6,5	40	50	6	25
	300/100	100	120	115	6	9,5	30	80	8	35
	300/120	120	130	105	6	11,5	30	110	12	50
F-3 60-120 F-300 60/120	310/60	60	115	175	6	7,0	50	25	4	12
	310/80	80	125	165	6	8,0	50	50	6	25
	310/100	100	135	155	6	9,5	40	80	8	35
	310/120	120	145	145	6	11,5	40	115	12	50
F-5 80-150 F-500 80/150	370/80	80	125	205	7	9,0	60	60	7	25
	370/100	100	135	195	7	10,0	60	80	10	35
	370/125	125	145	185	7	11,0	50	120	13	55
	370/150	150	155	175	7	12,0	50	165	18	75
F7 110-180 F-700 100/180	430/110	110	140	275	9	9,5	70	105	13	50
	430/130	130	150	265	9	10,5	80	135	17	60
	430/155	155	160	255	9	12,0	50	170	22	80
	430/180	180	170	245	9	14,0	50	220	28	100

1) Dimensionering av denna genarortyp är endast preliminärt fastställd och avser bara härdmanteln. Ritningsunderlag har ej utarbetats.

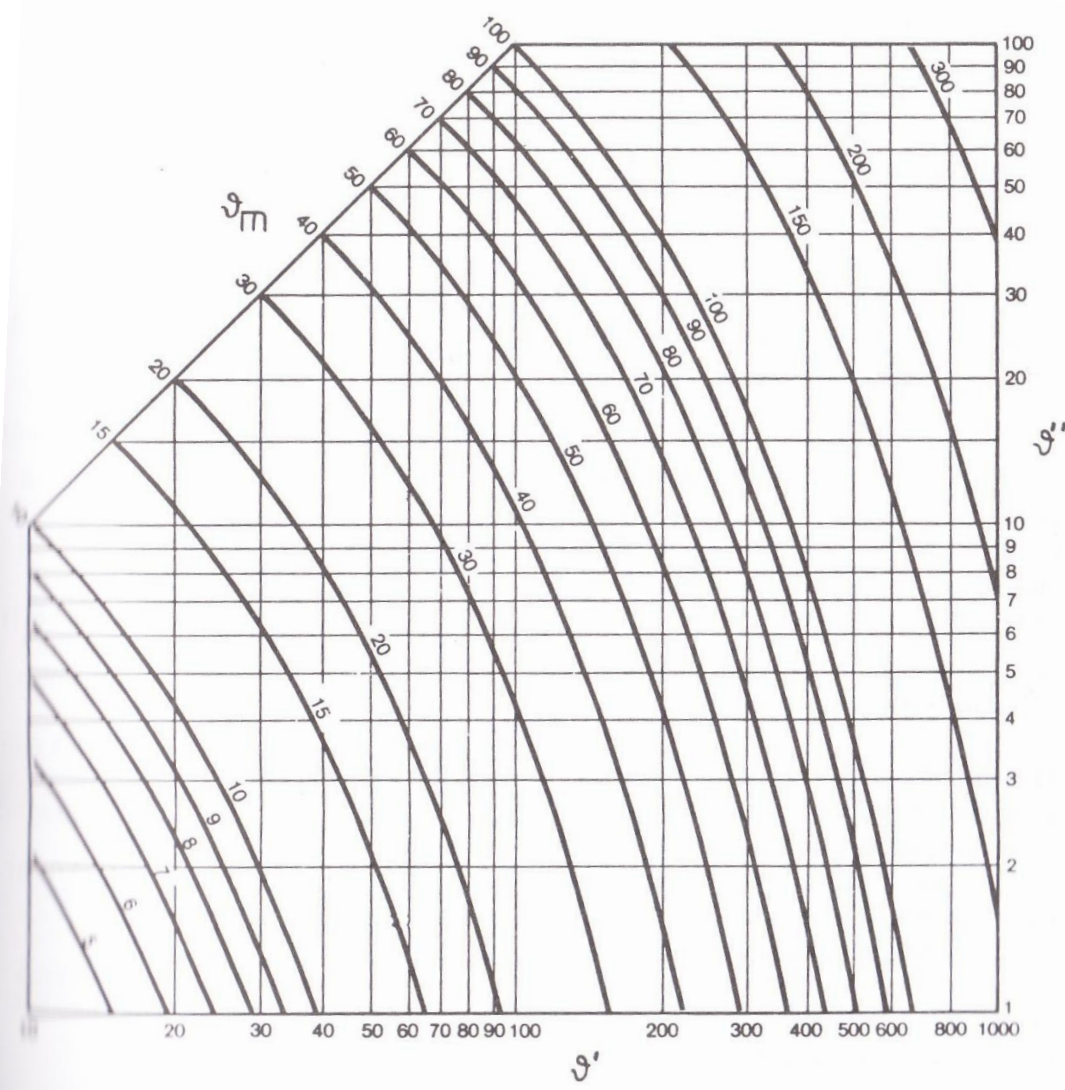


$d_r$ =härdmanteldiameter

$d_h$ =härdringsdiameter

$h$ =avstånd mellan munstycken och härdring

(Gengassidan)



Figur 3.3.6-1 Diagram för beräkning av logaritmisk medeltemperaturdifferens  $\vartheta_m$ . Välj som  $\vartheta'$  den största av temperaturskillnaderna i ekvation (5.3.6-2). [21]

(Alvarez, 2008)





Produktteknisk viening	
<b>Tilverkare</b>	Vapo Oy
<b>Intendat</b>	Suomi, 1 2 1 i Kemistidokkendi (tu, lundit i tu)
<b>Produkt</b>	1 Puupelletti 500 kg Sack
<b>Produktinformasjon</b>	Vapo Oy
<b>Dimensjoner (mm)</b>	008 8 mm + 0,5 mm
<b>Dimensjon (D) / Längd (L) 1</b>	006 6 mm + 0,5 mm
	1,5 x diameter
<b>Fuktighet (%)</b>	M10 ≤ 10 %
<b>Asfalt (%)</b>	A0,7 ≤ 0,5 %
<b>Hållfasthet %</b>	D0,97,5 ≥ 97,5 %
<b>Feritasjon % &lt; 3,15 mm 2</b>	F1,0 ≤ 1 %
<b>Grøntemål (%)</b>	≤ 0,5 %
<b>Eringsstyrke Informasjon</b>	E4,7 2,273 kW/oppsettning (4,75 kW/kg)
<b>Driftvakt</b>	2,6725 kW/m <sup>3</sup>

Note: 1) 10 pellets i en meter lang, 2) 50 pellets i en meter lang

**Reklamasjon inom 7 dagar efter leveransdag.**

**VAPPOS TRÄPALLETTETS BRUKANSVISNINGAR**

- ✓ Användning: i egnahemshus, lanthärdar, växthus, stora fastigheter (tex. industrihallar, skolor och ämbetsverk), regionala värmeverk och kolkraftverk.
- ✓ Förpackningar / lösvikt: Smäsäck, storsäck och samt i lösvikt med bulkbil för inbläsning i kundens silo eller kippat direkt i lager
- ✓ Försäljning: Vapo Oy och återförsäljare över hela landet. Tel. 0203 41300
- ✓ Tillverkare: Vapo Oy Tuusula
- ✓ Mer info samt försäljningsställen eller feedback e-mail: [pellettimyynnti@vapo.fi](mailto:pellettimyynnti@vapo.fi) eller [www.vapo.fi](http://www.vapo.fi)



