

## FORSØK MED TORVFORGASNING VED DET NORSKE MYRSELSKAPS TORVGASGENERATOR VED TORV- SKOLEN I VAALER I SOLØR, JULI 1920

Av professor dr. A. Watzinger.

**D**E i 1919 av stud. Schwensen og undertegnede begynde undersøkelser over torvfor gasning ved torvskolens gasgenerator i Vaaler, er i sommer blit fortsat av to studerende ved Høiskolen, Knut Sømme og Inge Roll, under forhold som med hensyn til belastningen og forsøks-tiden var adskillig gunstigere end aaret før. Desuten var det mulig at utføre en nøiagtig bestemmelse av tjæreproduksjonen.

Til prøverne er benyttet torv av forskjellig kvalitet med askeindhold fra 1.6 til 4.8% og fugtighet fra 14.3 til 65.5%. Desuten er utført et forsøk med for gasning av ophugne fururøtter fra trær, fældet ved myren.

Forsøkene omfatter av torvsorter maskintorv med varierende fugtighet fra 26.7 til 65.5%, vekt ca. 300 kg/m<sup>3</sup> ved 20% fugtighet. Prøvene er utført med forskjellig skikthøide i generatoren, normalt 0.9—1.05 m. over rist, høit 1.14—1.15 m. og lavt 0.65—0.85 m. Generatoren er beregnet for en ydelse av 40 HK («nominelle belastning») og leverer gas til en gasmaskin, som under forsøkene dels er belastet med remdriften til dynamoen av en torvmaskin (forsøk 7—9 og 15), dels med friktionsbremse (forsøk 10—14, 16 og 17): I første tilfælde varierer belastningen sterkt, mens den ved avbremsning er konstant. Brændværdi-bestemmelse for torven er utført med kalorimeter, gassens brændværdi er beregnet av gassens sammensætning. Elementaranalysen for torv og tjære, samt bestemmelsen av tjærens brændværdi, er ved imøtekommenhet av professor Lindeman, utført ved høiskolens institut for teknisk anorganisk kemi.

De viktigste forsøksresultater er sammenstillet i tabel 1 i henhold til beregninger av stud. Sømme. Forsøkene er i hver gruppe ordnet efter torvens fugtighet.

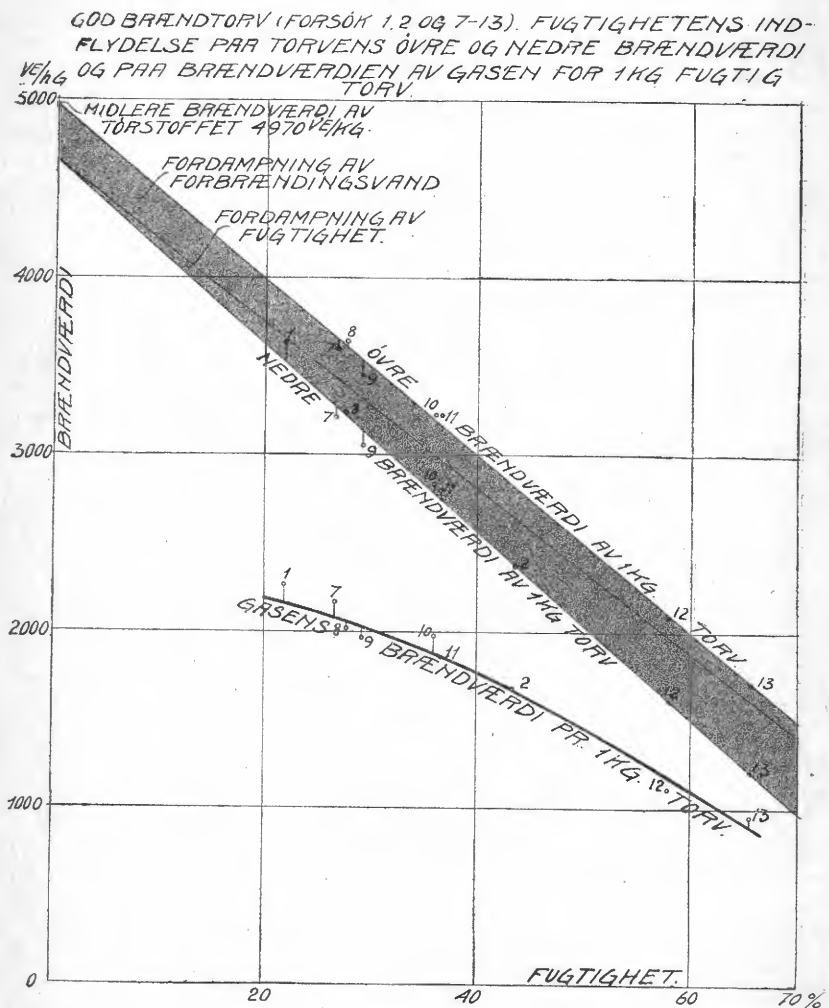
Fig. 1 viser fugtighetens indflydelse paa den øvre og nedre brændværdi av torven samt paa brændværdien av den pr. 1 kg. fugtig torv producerte gasmengde. I figuren er indtegnet de nye forsøk 7—13 med maskintorv samt forsøkene 1 og 2 fra ifjor. Den noget varierende beliggenhet av forsøkspunktene er begrundet i en viss forskjel i tørstoffets brændværdi, som blev bestemt for hvert forsøk for sig. De indtegnede kurver er reducert til torv av midlere brændværdi (4970 VE/kg tørstof) og midlere sammensætning.

Fig. 2 gir en oversigt over varmens utnyttelse i generatoren i forhold til den fugtige torvs nedre brændværdi. Den tykke kurve kjendetegner den varme som er utnyttet som brændværdi av den producerte gas. Kurven fremstiller saaledes generatorens virkningsgrad med hensyn til

\*) Medd. fra Det Norske Myrselskap 1920, s. 2.

gasproduktionen. Ved en fuldstændig utnyttelse av tjærens varmeindhold kan virkningsgraden hæves om det skrafferte beløp til den nærmest liggende kurve. De øvre kurver viser tap ved ledning og straaing, tap ved

FIG. 1.



gassens varme ved uttrædelsen, som gaar tapt i skrubberen, tap i generatoren og resttapet. Generatorens virkningsgrad henført til det fugtige brændsels nedre brændværdi stiger med torvens fugtighed. Dette gir dog intet korrekt uttryk for den gunstigste utnyttelse av det tørstof som er til raadighet i torven. Derfor er ogsaa gassens brændværdi optegnet i forhold til tørstoffens øvre brændværdi fig. 3, som viser

Tabel 1.  
 Prøver ved torvgasgeneratoren system Justesen ved torvskolen i Vaaler—Solør  
 1ste—15de juli 1920.

Førsøk nr. . . . .	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Maskintorv						Eletorv				
Brændsel . . . . .	Nor-malt	Høit	Lavt	Lavt	Nor-malt	Høit	Lavt	Lavt	Lavt	Høit	Furu-røtter
Skikt . . . . .	Nor-malt	Høit	Lavt	Lavt	Nor-malt	Høit	Lavt	Lavt	Lavt	Høit	Nor-malt
Fugtighet . . . . .	26,7	27,5	29,3	35,9	36,6	57,7	65,5	14,3	15,6	23,5	12,3
Brændslets sammensætning (tor):											
Aske	1,60	1,60	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	0,44
Kulstof	48,87	48,87	49,19	49,19	49,19	49,19	49,19	49,19	48,26	48,26	52,53
Vandstof	5,77	5,77	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,98	5,98	6,51
Svovel	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,36	0,36	0,08
Surstof	42,11	42,11	41,72	41,72	41,72	41,72	41,72	41,72	39,33	39,33	39,72
Kvælstof	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,27	1,27	0,72
Nedre brændverdi av fugt. brændsel VE/kg. . . . .	3212	3238	3044	2839	2794	1612	1205	3992	3469	3232	3718
Gassens sammensætning (tor):											
Kuloksyd $\frac{0}{10}$ . . . . .	23,2	21,3	23,7	25,6	21,1	19,4	15,5	21,7	23,0	21,8	24,6
Vandstof	4,7	1,4	7,0	9,1	6,4	6,5	7,2	4,7	7,0	5,7	9,4
Methan	0,9	4,2	3,7	1,5	3,7	3,7	3,7	3,8	2,8	4,0	4,0
Surstof	0,2	2,6	0,7	0,6	1,6	0,5	1,7	2,7	2,7	1,5	0,2
Kulsyre	6,6	7,5	9,3	8,2	8,4	9,3	11,5	5,8	5,9	7,3	9,0
Kvælstof	60,4	63,0	55,5	55,0	58,8	60,6	60,4	61,3	58,6	59,6	58,2

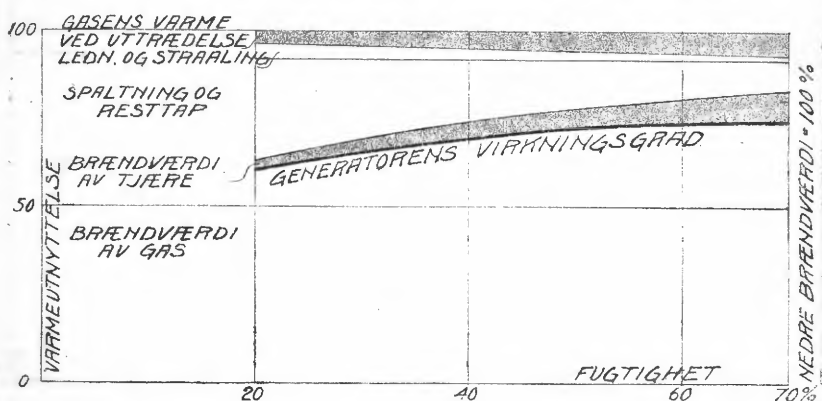
Nedre brændværdi av gassen pr. m <sup>3</sup> (ved 0° og 760 mm) VE/m <sup>3</sup> . . . . .	1185	1044	1191	1142	1124	1074	973	1107	1120	1153	1331
Varmeproduktion <sup>i</sup> i forhold til generatorens nominelle belastning } remdrift bremse	0,62	0,71	0,53	0,90	0,95	0,56	0,63	0,70	0,56	0,86	1,25
Brændselsforbrug kg/t . . . . .	36,0	45,0	34,5	57,7	65,0	63,3	84,0	34,5	28,8	50,0	60,0
Gasmængde pr. kg fugtig brændsel m <sup>3</sup> /kg . . . . .	1,825	1,925	1,646	1,730	1,650	1,040	0,975	2,31	2,18	1,89	1,99
Gasproduktion pr. time m <sup>3</sup> /t . . . . .	65,6	86,5	56,7	99,5	107,2	65,8	82,0	79,6	62,7	94,5	119,5
Gassens brændværdi pr. time VE/t . . . . .	77800	90200	67500	114000	120500	70800	79600	88000	70200	109000	159000
Generatorens virkningsgrad % . . . . .	67,3	62,2	64,5	69,7	66,4	69,3	78,8	63,8	70,4	67,5	71,3
Tjæremængde pr. 100 kg torv (vandfrit):											
Ved skrubber . . . . . kg . . . . .	0,72	0,45	0,35	0,24	0,21	0,38	0,23	0,65	0,95	0,33	1,13
Ved tjæreutskiller . . . . . » . . . . .	2,30	1,20	2,29	2,23	1,46	2,94	0,87	3,44	3,50	3,80	0,50
Samlet . . . . . » . . . . .	3,02	1,65	2,64	2,47	1,67	3,32	1,10	4,09	4,45	4,13	1,63
Gasmotoren:											
Omdr. pr. min. . . . . » . . . . .	241	—	—	230	231	231	233	232	236	223	235
Tændinger pr. min. . . . . » . . . . .	169	—	—	204	200	210	216	173	161	180	204
Effektiv ydelse maalt med bremse . . . HKe	—	—	—	33,0	28,5	28,5	21,6	23,8	—	25,7	21,8
» ber. av el. ydelse . . . »	22,5	21,8	18,0	—	—	—	—	—	19,7	—	—
Gasmotoren:											
Brændselsforbrug pr. HKe time kg/t . . . . .	1,60	2,06	1,92	1,75	2,28	—	3,88	1,51	1,46	1,95	2,75
Varmeforbrug (gasvarme pr. HKe time) VE/t	3450	4120	3750	3450	4220	—	3790	3700	3500	4250	7280
Brændselsforbrug ved et varmeforbrug av 3400 VE/HKet — kg/t	1,58	1,70	1,74	1,72	1,84	3,05	3,60	1,34	1,39	1,56	1,28

den merkverdighet at tørstoffet utnyttes bedst ved en fugtighet paa ca. 45%, dog er utnyttelsen litet forskjellig mellem 25 og 55%, torvens fuldstændige tørring har altsaa ikke paa langt nær saa megen betydning for generatordriften som f. eks. for drift av en dampkjel, ved hvilken virkningsgraden altid tiltar betydelig med tørringen. Fugtighetens indflydelse ytrer sig dog i en avtagen av den opnaelige belastning av generatoren, paa grund av brændmaterialets pr. volumenhet betydelig lavere varmeindhold.

Torvgassens brændværdi er i middel over 1100 VE/m<sup>3</sup> og er gjen-nemgaende større end ved de i 1919 utførte forsøk paa grund av betyde-

FIG. 2

VARMEBALANCE FOR GENERATOREN HENFØRT  
TIL DEN FUGTIGE TORVS NEDRE BRÆNDVÆRDI



lig lavere kulsyre- og større kuloxydindhold som følge av generatorens større belastning. Det er av stor interesse at likesaa høi brændværdi av gassen, som ved prøvene med god brændtorv ogsaa blev opnaadd ved anvendelse av eltetorv (forsøk 14—16). Den ved prøven benyttede eltetorv var meget let (spec. vekt ved 20% fugtighet ca. 0.2 eller mindre). Torven hadde en moselignende karakter, var delvis destrueret ved frysning og var let at smuldre og knuse. Torven maa som følge derav ansees for uskikket som salgsvare, men viser en meget god utnyttelse i generatoren. Paa grund av torvens store volumindhold er varmeproduksjonen pr. m<sup>2</sup> generatortversnit eller pr. m<sup>2</sup> ristflate dog mindre end for maskintorv med normal fugtighet. Eltetorven kræver altsaa et større generatorvolum for at naa samme varmeproduksjon og forholder sig med hensyn til dette omtrent som maskintorv av stor fugtighet.

Den største varmeproduksjon blev opnaadd med fururøtter (forsøk 17) som paa grund av sin høie brændværdi med samtidig god generatorvirkningsgrad leverte gas av en brændværdi paa 1331 VE/m<sup>3</sup>.

Tabel 2 gir en sammenligning av den største med forskjellige brænd-

materialer ved forskjellig fugtighet opnaaede varmeproduktion sammenlignet med den nominelle varmeproduktion for hvilken generatoren er bygget. Tallene er noget ujevne, da de ogsaa avhænger av driftsforholdene forøvrigt, men gir et omtrentlig billede.

Tabel 2.

Varmeproduktion i generatoren sammenlignet med dens nominelle ydelse ( $125\ 000\ \text{VE/t} = 420\ 000\ \text{VE/m}^2$  generatortversnit =  $630\ 000\ \text{VE/m}^2$  ristfl.).

Brændsel	Fugtighet ca. %	Max. belastning pr. m <sup>2</sup> generatortversnit VE/m <sup>2</sup> t.	Max. belastning pr. m <sup>2</sup> ristfl. VE/m <sup>2</sup> t.	Belastning i forhold til generatorens nominelle ydelse
Maskintorv . . . . .	35 65	400000 265000	600000 400000	0,95 0,63
Eltetorv . . . . .	20	300000	450000	0,70
Fururøtter . . . . .	12	530000	795000	1,25

Ved belastning paa i middel  $\frac{2}{3}$  av generatorens nominelle ydelse forbrugtes for maskintorv av 27 % fugtighet 1.55 kg/HKe. d. v. s. 2.10 kg/kwt. Av eltetorv av ca. 15 % fugtighet forbrugtes ved samme belastning omtrent 1.25 kg/HKe. d. v. s. 1.70 kg/kwt, tal som ved fuld last yderligere kan nedsættes. For fururøtterne blir tallene henholdsvis 1.20 kg/HKe. og 1.63 kg/kwt.

Der er tilsat vand i askekassen ved forsøk 17. Dette vand fordamper og gaar ind i generatoren. Det viser sig imidlertid ved alle forsøk at intet vand spaltet. Tvertimot forbrænder en større eller mindre del av det vandstof som findes i torven. En tilsætning av vand vil derfor bare bety et øket tap ved økning av varmeindhold av gassen ved avløp fra generatoren (slg. det overensstemmende resultat ved forsøkene 3, 4 og 5 i 1919).

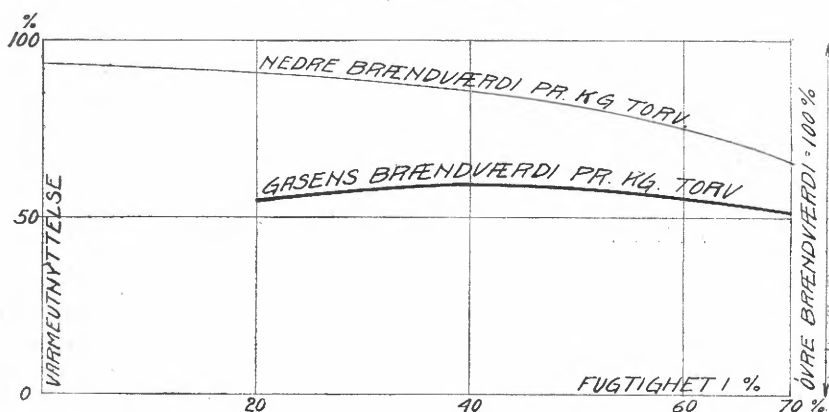
Skikthøiderne er variert fra ca. 0.65 m. til 1.15 m. over risten uten at der kan konstateres nogen væsentlig indflydelse paa virkningsgraden. Alle benyttede skikthøider synes derfor at være tilstrækkelig store til at forgasningen kan gaa normalt for sig. Ved altfor høie skikt opstaar der adskillig ulempe ved at gasrummet over skiktet blir saa litet, at den luftmængde som slipper ned ved nedstøtning av skiktet kan stanse motoren. Trods forsigtighet hændte dette et par ganger naar motoren var høit belastet.

Særlig ved fugtig torv har skiktet let for at hænge sig op saa der blir »hulfyr«. Gastemperaturen ved indløpet og kulsyregehalten stiger da og generatorens virkningsgrad avtar. Det er da nødvendig at støtte skiktet kraftig ned. Nedstøtningen sker gennem en aapning paa toppen av generatoren og er forbundet med adskillig gastap og fare for stansning av motoren ved ind sugning av luft, idet motorens støtvisne sugning bevirker avvekslende utstøtning av gas og ind sugning av luft.

Ved fyring med meget fugtig torv maa der fyres op med tørrere torv og selv da blir opfyringstiden meget lang, før temperaturen er naadd saa høit at man kan faa fuld gasutvikling og belaste motoren. Det samme er tilfælde ved fyring med fururøtter, hvor skiktet maa faa brænde

FIG. 3

GASENS BRÆNDVÆRDI PR. KG. TORV I FORH. TIL  
TØRSTOFFETS ØVRE BRÆNDVÆRDI.



en tid og synke sammen før gasutviklingen gaar normalt. Gassen viste i længere tid en kulsyregehalt paa 16—17% ved forsøk nr. 17, sank saa efterhaanden indtil gassen blev saa god at motoren kunde belastes.

Tjæreproduktionen (vandfrit!) utgjør for maskintorv 1.1 til 3.3% av torvens vekt, for eltetorven ca. 4% og for fururøtterne 1.63%. Torvtjæren indeholder omtrent 82% kulstof, 10.5% vandstof, 1% kvælstof og resten surstof og har en øvre brændværdi av ca. 9400 VE/kg. Trættjæren indeholder 82.4% kulstof, 10.5% vandstof og har en øvre brændværdi 8800 VE/kg. Tjæren utskilles ved skrubberen og ved tjæreutskilleren, fordelingen fremgaar av tabel 1. Tjæremængden tiltar med fugtigheten saaledes at tjærens samlede brændværdi stiger sterkt med fugtigheten og utgjør for god brændtorv ca. 5 til 18%, for eltetorv 9—11%, for fururøtter 3.6% av torvens nedre brændværdi, se skrafferte værdier i fig. 2.

En utnyttelse av tjæren vilde derfor i betydelig grad øke den samlede nytteeffekt av anslaget.

Trondhjem den 21. december 1920.