
Rapport SGC 081

**NATURGASBASERAD SMÅSKALIG
KRAFTVÄRME INOM UPPVÄRMNINGS-
SEKTORN**

Mats Nilsson
LTH/MALMÖ

Februari 1997



Rapport SGC 081

NATURGASBASERAD SMÅSKALIG
KRAFTVÄRME INOM UPPVÄRMNINGS-
SEKTORN

Mats Nilsson
LTH/MALMÖ

Februari 1997

SGC:s FÖRORD

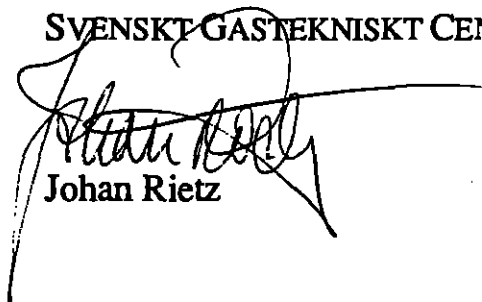
FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Malmö Energi AB, Lunds Energi AB och Helsingborg Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

**Naturgasbaserad småskalig kraftvärme
inom uppvärmningssektorn**

Nilsson Mats
LTH-MALMÖ
DRI 93

Förord

Det moderna samhället som vi skapat, var och är fortfarande beroende av nya energikällor. De första maskinerna drevs av vattenhjul, sedan kom ångmaskinen, elektricitet, förbränningsmotorn o.s.v. Vi förbrukar idag mycket energi till många olika ändamål.

Elförbrukningen i Sverige är hög beroende på det låga elpriset. Det är nog inte många som reflekterar över elkostnaden för ett kylskåp, däremot är de flesta intresserade av hur mycket energi deras bil förbrukar (bränsleförbrukningen).

Vi har under en lång tid haft ett lågt elpris tack vare vattenkraft och kärnkraft. Sedan några månader har vi infört en fri elmarknad, vilken sedan kommer att knytas samman med Europa. Det diskuteras också om en relativt snar kärnkraftsavveckling. Dessa faktorer kommer att innebära ett högre elpris och att vi måste satsa på alternativ elproduktion. Energinbehovet måste även ändras och omfördelas, med bl.a. mindre direkt eluppvärmning.

Det som gör energifrågan komplicerad är att all energiproduktion har för och nackdelar, t.ex. :

Kärnkraft $\Rightarrow$ strålningsrisk / billig el

Vattenkraft $\Rightarrow$ förstör älvarna / billig el

Vindkraft $\Rightarrow$ blåser inte alltid, behövs många, dyr el / miljövänlig

Solkraft $\Rightarrow$ solen lyser inte alltid, dyr el / miljövänlig

Kolkraft $\Rightarrow$ försurar, påverkar jordens klimat / billig el

Naturgas $\Rightarrow$ påverkar jordens klimat / billig el

Biobränsle $\Rightarrow$ dålig totalverk.grad, etiskt att odla energigrödor med svält i världen ?/ kretslopp

Dessa faktorer speglar hur svår och komplicerad energifrågan är. Denna rapport kommer att behandla småskaliga kraftvärmeanläggningar, vilka förmodligen blir ekonomiskt gångbara i framtiden.

Efter denna introduktion vill jag tacka mina handledare som är :

Staffan Ivarsson, Sydgas

Hans Åke Maltesson, SGC

Sören Dahlin, LTH-Malmö

Ove Jönsson, SGC

SAMMANFATTNING

Upprinnelsen till denna rapport är det ökande intresset för alternativa produktionsanläggningar, vilket beror på den avreglerade elmarknaden och en eventuell kärnkraftsavveckling.

Denna rapport behandlar småskaliga naturgasbaserade kraftvärmeanläggningar vilka producerar både värme och el med en hög total verkningsgrad. Kraftvärmeanläggningarna består i princip av en naturgas otto- eller dieselmotor vilken driver en generator. Generatoren producerar el till brukaren som kan vara en industri eller en privatperson, samtidigt som kylvattnet används till en närliggande fastighet eller till det lokala fjärrvärmenätet. Om elproduktionen överstiger egenförbrukningen kan försäljning ske till elmarknaden och om elproduktionen understiger egenförbrukningen utjämnas detta med köp från elmarknaden. Eftersom egenförbrukningen av el varierar kraftigt möjliggör detta att sälja en stor del el till elmarknaden. En elprisökning i framtiden möjliggör försäljning av el med högt täckningsbidrag.

Denna rapport undersöker om småskaliga naturgasbaserade kraftvärmeanläggningar med eleffekt < 5 MW är marknadskraftiga med dagens pris på naturgas och el. I rapporten utvärderas även lönsamheten med andra tänkbara elpriser och gaspriser. Den fria elmarknaden och en framtida nedläggning av kärnkraften kommer troligen medföra att elpriset stiger.

-Dagens elpriser och gaspriser medför att lönsamhet är svår att nå med denna typ av anläggning. Med stor sannolikhet kommer elpriset att stiga i framtiden. Naturgasen i Sverige konkurrerar främst med olja och priset sätts i förhållande till denna. Därför är det inte troligt med något lägre naturgaspris i framtiden. Lönsamhet hos denna typ av anläggning kommer alltså vara beroende av elpriset. Elpriset kommer i sin tur vara starkt beroende på om det är god tillgång på vattenkraft i Sverige och Norge. Att förutsäga elpriset i framtiden är således svårt, men en elprishöjning på 10-15 öre/kWh inom en snar framtid är inte orealistiskt. Med denna elprisökning kan lönsamhet uppnås i vissa fall, nämligen hos storförbrukare av elvärme och elkraft.

Småskaliga naturgaskraftvärmeanläggningar finns representerade med ca 10 olika fabrikat på den svenska marknaden. Kompletta enskilda anläggningar finns med eleffekter från 100 kW till 5,5 MW.

Denna rapport behandlar även teknik och miljö för anläggningar upp till 5 MW.

-En naturgasmotor kan vara en otto- eller dieselmotor eller något derivat däremellan. De flesta motorerna arbetar idag enligt lean burn principen. En leanburnmotor är en ottomotor med hög verkningsgrad och låga NOx emissioner. Det som utmärker en leanburnmotor är att förbränningen sker med högt luftöverskott $\lambda = 1.8-2.3$. Det höga luftöverskottet sänker förbränningstemperaturen och därmed också kväveoxidbildningen.

Naturgas är ett bränsle vilket medför relativt små emissioner jämfört med andra fossila bränslen. Närmiljön förbättras ofta markant när man konverterar från andra fossila bränslen till naturgas. De generella miljökraven på dessa anläggningar i Sverige är att de skall klara de tyska TA-Luft normerna. Det klarar dessa anläggningar idag med relativt enkel avgasrening eller till och med utan avgasrening. Många fabrikanter marknadsför anläggningar vilka klarar

dubbelt så hårda krav som TA Luft. Framtida miljökrav kommer förmodligen inte att vara något större problem för dessa anläggningar. Tvärtom kan detta bli ett försäljningsargument för farbrikanter i framtiden. Den enda nackdelen naturgas har som bränsle är att det är ett fossilt bränsle. Fossila bränslen ger vid förbränning ett tillskott av koldioxid till atmosfären. Koldioxid bildas vid förbränning med alla bränslen som innehåller kol. Koldioxid är en växthusgas som Sverige har förbundit sig att minska sina utsläpp av.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	2
1. INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte och målsättning	7
1.3 Avgränsningar	7
2. SMÅSKALIG KRAFTVÄRME	8
2.1 Inledning	8
2.2 Ekonomisk bedömning av småskalig kraftvärme	9
2.3 Elpriser i Sverige	10
2.3.1 Elpris för mindre produktionsanläggningar	10
2.4 Naturgaspris i Sverige.....	10
2.5 Förhållandet Naturgaspris/Elpris.....	10
2.6 Elprisets inverkan på lönsamheten för en kraftvärmeanläggning.....	11
2.7 Exempel på ekonomisk kalkyl för en småskalig kraftvärmeanläggning.....	12
3. MOTORTYPER VILKA ANVÄNDES I KRAFTVÄRMEANLÄGGNINGAR	14
3.1 Förbränningsmotorer	14
3.2 Förbränningsmotorn i en kraftvärmeanläggning	14
3.3 Fyrtakts- och tvåtaktscykel.....	14
3.4 Tvåtaktsprincipen	15
3.4.1 KOMPRESSIONSTAKT	15
3.4.2 EXPANSIONSTAKT.....	15
3.5 Fyrtaktsprincipen.....	16
3.5.1 INSUGNINGSTAKT	16
3.5.2 KOMPRESSIONSTAKT	16
3.5.3 EXPANSIONSTAKT.....	16
3.5.4 UTLOPPSTAKT	16
3.6 Fyrtakts- och tvåtaktsmotorn	17
3.7 Dieselmotorn.....	17
3.8 Ottomotorn	17
4. TERMODYNAMIK FÖR DIESEL- OCH OTTOCYKELN.....	18

4.1 Ottocykeln med naturgasaspekter	18
4.1.1 KAPPA (κ).....	20
4.1.2 KOMPRESSIÖNSFÖRHÅLLET	21
4.1.3 ÖVRIGA TERMODYNAMISKA ASPEKTER PÅ OTTOMOTORN.....	23
4.2 Verklig ottocykel	23
4.3 Dieselykeln med naturgasaspekter.....	24
4.3.1 KAPPA (κ).....	25
4.3.2 KOMPRESSIÖNSFÖRHÅLLET (ϵ).....	25
4.3.3 INSPRUTNINGSFÖRHÅLLET (Φ).....	26
4.3.4 TERMISK VERKNINGSGRAD	26
4.4 Verklig dieselykel.....	27
4.5 Naturgasdrift med ottomotorn eller dieselmotorn	27
5. FÖRBRÄNNING OCH EMISSIONER	28
5.1 Förbränning.....	28
5.2 Emissioner.....	29
5.2.1 CO och CO ₂	29
5.2.2 NO _x	30
5.2.3 HC	31
5.2.4 Buller.....	31
6. AVGASRENING	32
6.1 Allmänt.....	32
6.2 Leanburn.....	32
6.3 EGR.....	33
6.4 SCR.....	33
6.5 NSCR.....	33
6.6 Emissioner med olika avgasrening.....	34
6.7 Emissionskrav i Sverige.....	35
6.8 Emissionskrav i Europa.....	36
7. SMÅSKALIG KRAFTVÄRMETEKNIK.....	37
7.1 Alfavärde, värme- och eleffekt, samt verkningsgrader.....	37
7.2 Allmänt.....	38
7.3 Ackumulator tank	39
7.4 Topplastpanna	39
7.5 Konvektionskylare	40

7.6 Anläggning med topplastpanna och ackumulator.....	40
7.7 Småskalig anläggning vilken kopplas till fjärrvärmenätet.....	40
8. BERÄKNINGAR AV DRIFT OCH EKONOMI MED HJÄLP AV OPTIMERINGSPROGRAM.	41
8.1 KV BUDGET.....	41
8.2 KV DESIGN	41
8.3 Kävlingebyggen	41
8.3.1 Lönsamhetsbedömning av en anläggning idag.....	43
8.3.2 Lönsamhetsbedömning med ett högre elpris.....	43
8.3.3 Lönsamhetsbedömning med ett högre elpris.....	44
8.3.4 Lönsamhetsbedömning med ett lägre naturgaspris.	44
8.3.5 Lönsamhetsbedömning med ett lägre naturgaspris och ett högre elpris.....	44
8.3.6 Lönsamhetsbedömning med ett högre värmepris.....	45
8.3.7 Lönsamhetsbedömning med ett högre värmepris och ett högre elpris	45
8.3.8 Lönsamhetsbedömning med ett ökande elpris	45
8.3.9 Sammanfattning av resultat från 8.3.1-8.3.8	46
8.3.10 Optimering av drift med hjälp av KV DESIGN	46
9. FABRIKAT PÅ DEN SVENSKA MARKNADEN	47
9.1 Kostnader för en småskalig kraftvärmeanläggning.....	47
9.1.2 Verkningsgrader i en kraftvärmeanläggning	49
10. SLUTSATSER.....	50
11. REFERENSER	51
12. BILAGOR	

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Oljekriserna på 70-talet fick Sverige att lägga om sin energiförsörjning från olja till el, vilket medfört att Sverige idag är elberoende. Elpriset har i jämförelse med andra länder varit lågt, tack vare kärnkraft och vattenkraft. Den fria elmarknaden i Sverige samt senare i hela EU, kommer förmodligen att höja elpriset för många kunder. Idag debatteras det om kärnkraftens vara eller icke vara. En kärnkraftsavveckling kommer definitivt att höja elpriset. Dessa faktum har medfört att stora elförbrukare börjat se sig om efter alternativa energikällor. En anläggning vilken både producerar el och värme till en låg kostnad kommer att ha stora möjligheter att etablera sig. Småskalig naturgasbaserad kraftvärme producerar både värme och el med mindre miljöpåverkan än andra fossilbränslebaserade småskaliga kraftvärmeanläggningar. Denna anläggningstyp har haft det svårt på den svenska marknaden, främst beroende på en för hög elproduktionskostnad. Med ett högre elpris förväntas den att bli konkurrenskraftig i Sverige. I Danmark där elpriset är högre är anläggningstypen vanlig.

1.2 Syfte och målsättning

I denna rapport kommer småskaliga kraftvärmeanläggningar att undersökas ur en mängd perspektiv. Är naturgasbaserad el och värmeproduktion på frammarsch? Kan denna produktionen etablera sig? Vilka el- och gaspriser är kritiska?

Rapporten innehåller även en sammanställning över anläggningar som finns tillgängliga på den svenska marknaden. Dessa jämförs ur teknisk, ekonomisk samt miljömässig synvinkel.

Det kommer även att ske en analys av en förprojekterad anläggningen i Kävlinge. Analysen förtydligas genom en känslighetsanalys gjorda med simuleringsprogram. Jag vill sålunda visa hur framtida användare ser på ovanstående anläggningar.

1.3 Avgränsningar

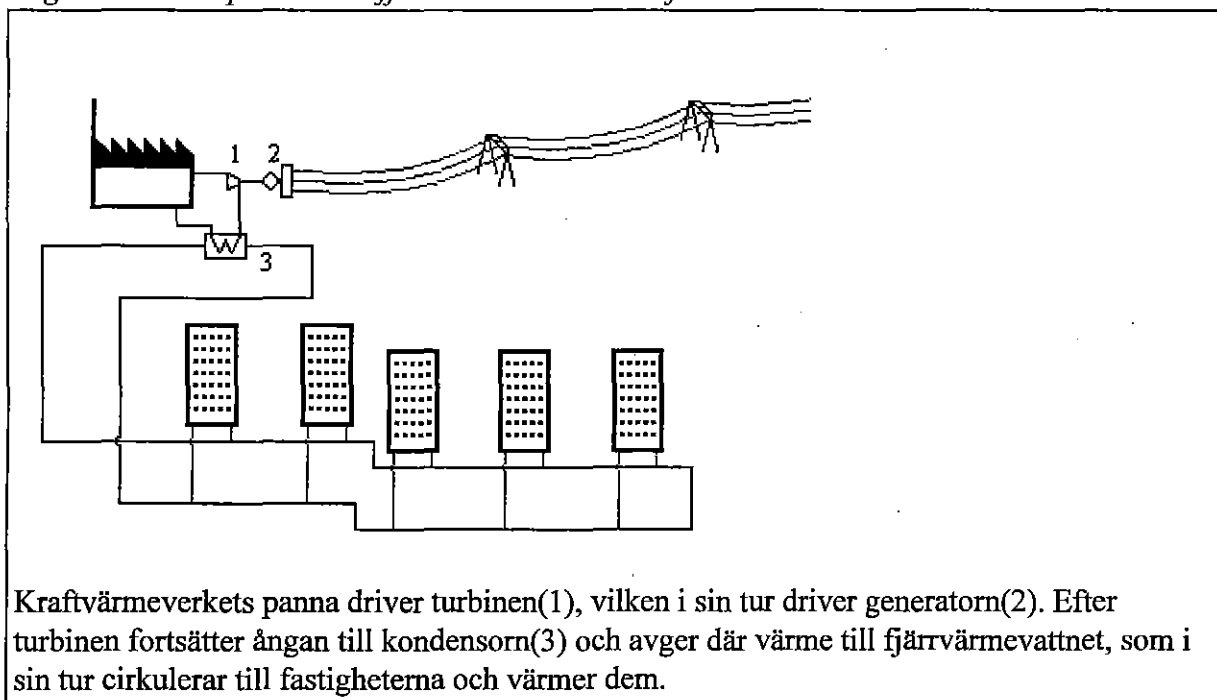
Rapporten behandlar småskalig naturgasdrivna kolvmotorkraftvärmeanläggningar med effekter upp till 5 MW el. Principen för småskalig kraftvärme, samt anläggningsuppbyggnad beskrivs. Motordrift, emissioner och avgasrening behandlas ur naturgassynpunkt. Rapporten behandlar ej anläggningarnas detaljer, utan beskriver dem översiktligt.

2. SMÅSKALIG KRAFTVÄRME

2.1 Inledning

I Sverige sker till stor del bostaduppvärmning med el eller fjärrvärme. Fjärrvärme är vanligast i stora och medelstora städer. Fördelarna med fjärrvärme är många, t.ex. hög totalverkningsgrad, möjlighet att producera både el och värme med en hög verkningsgrad, låga emissioner från produktionsanläggningen. Principen för fjärrvärme är att man har en central produktionsenhet där produktion i form av varmvatten och ev. el sker. Värmen distribueras sedan via rör till abonnenter se fig. 2.1.1 nedan. Produktionsanläggningen blir förhållandevis stor jämfört med om abonnenterna själva skulle ha en egen panna, vilket medför att optimering av drift, ekonomi och emissioner är möjlig på ett sätt vilket annars inte varit genomförbart. I fjärrvärmesammanhang pratar man om värmeverk och kraftvärmeverk. Anläggningar vilka både producerar värme och el är kraftvärmeanläggningar, medan enbart värmeproduktion sker i värmeverk.

Fig. 2.1.1 Principskiss över fjärrvärmenät med kraftvärmeverk



Nackdelen med fjärrvärme är att det krävs dyra investeringar i fjärrvärmenät, reglerutrustning, pumpar mm, vilket medför att fjärrvärmen endast är ekonomiskt gångbar i större områden med ett stort värmebehov.

Mindre industri- och fastighetsområden kan med ett högre elpris vara intressanta för småskalig kraftvärme. Principen är att man värmer sin fastighet med värme som uppstår vid elproduktionen, och säljer den el som man ej själv behöver, d.v.s. man behöver ej köpa el till egenförbrukning utan kan istället sälja el till kraftbolagen. Ett högt elpris medför då att den egna elräkningen blir betydligt mindre samtidigt som man får bättre betalt för den el som man säljer.

Det finns flera olika typer av tänkbara småskaliga kraftvärmeanläggningar, t.ex. gasturbiner, ångturbiner, stirlingmotorer, naturgasdrivna diesel- och ottomotorer.

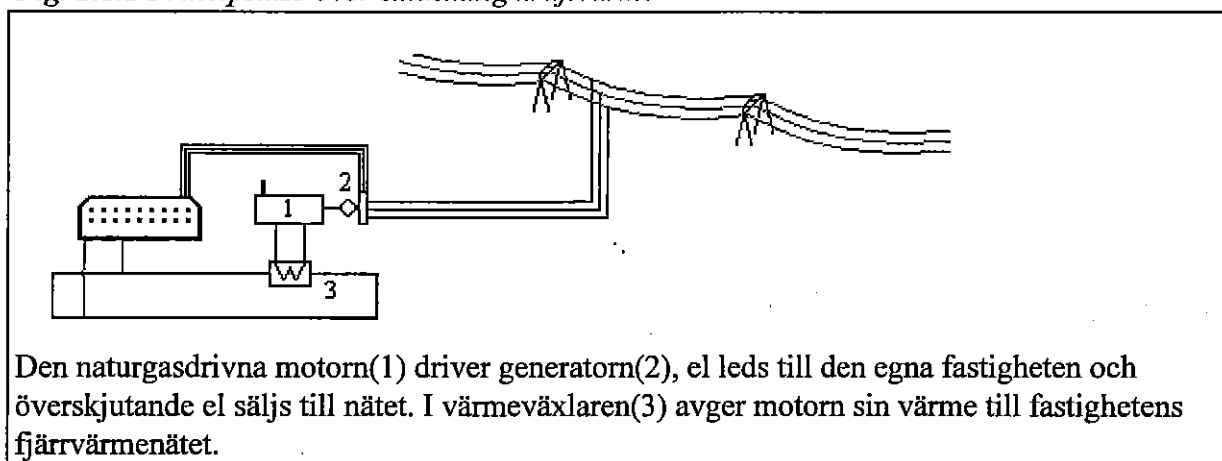
Denna rapport kommer endast behandla småskalig kraftvärme med naturgasdrivna otto- och dieselmotorer. Nämnade motortyper har en rad fördelar såsom:

- Motorena finns redan på marknaden
- Tillverkas i stora serier, medför låga produktionskostnader
- Erfarenheter från långvarig drift
- Långvarig teknisk utveckling, vilket medfört god prestanda (effekt, emissioner, underhåll)
- Kan drivas med alternativa bränsle i en krissituation
- Ottomotorer och dieselmotorer har högt alfavärde

Små naturgasdrivna kraftvärmeanläggningar medför en rad fördelar t.ex. självförsörjning av el och värme, mindre emissioner än med andra fossila bränslen, goda möjligheter till förtjänst vid ett högt elpris, mm.

Den tekniska principen för motorerna, ekonomi samt miljö kommer att behandlas senare i rapporten. Nedan visas hur ett system kan se ut, fig. 2.1.2.

Fig. 2.1.2 Principskiss över småskalig kraftvärme



2.2 Ekonomisk bedömning av småskalig kraftvärme

När en nyinvestering skall ske gör man alltid en lönsamhets kalkyl.

En ekonomisk kalkyl är alltid osäker, speciellt då parametrarna, vilka påverkar resultatet är många. I en ekonomisk kalkyl för en naturgasdriven kraftvärmeanläggning är viktiga parametrar: anläggningens kostnad, naturgaspris, elpris, värmepris, drift och underhålls kostnad, miljöavgifter, skatter.

Fram till idag har det låga elpriset (se 2.3) varit den parameter vilken gjort småskaliga kraftvärmeanläggningar olönsamma. Ett högre elpris beroende på den avreglerade marknaden börjar vi idag se tecken på. Ett tecken på att anläggningstypen är nära ekonomiskt genombrott är att flera testanläggningar håller på att uppföras.

2.3 Elpriser i Sverige

Vi har traditionellt haft låga elpriser i Sverige. Sedan några månader har vi en fri elmarknad, där elpriset bestäms beroende på tillgång och efterfrågan. De flesta bedömare tror att elpriset kommer att sjunka något först, för att sedan stiga mot slutet av 90-talet då många nyinvesteringar i anläggningar förväntas ske. Stora kunder såsom tung industri kommer att ha möjlighet att förhandla om sitt elpris, medan mindre kunder förmodligen får ett fast pris. Elpriset för de minsta kunderna består idag av tre delar vilka är ungefär lika stora. De tre delarna är kraftpris, nättariff och skatter. Elpriset för stora kunder domineras av kraftpriset.

2.3.1 ELPRIS FÖR MINDRE PRODUKTIONSANLÄGGNINGAR

Med den fria elmarknaden vore det tänkbart att sälja sin el till ett rörligt pris. Att själv sälja sin el kräver en hel del administrativt arbete. En anläggning under 5 MWe kommer inte att genererera tillräckligt med pengar för att betala tillbaka detta arbete. Dessa anläggningar kommer därför förmodligen aldrig att bli intressanta att ansluta till elmarknaden som enskilda objekt. Med en anläggning på 1,5-5 MWe kan man dock förhandla med större bolag om elpriset. Idag kan man dock inte räkna att få mer än den fasta taxan EKOVISAM [8]. Anläggningar vilka är mindre än 1,5 MWe får idag ett fast elpris från EKOVISAM (se bilaga A).

Ett annat tänkbart förhandlingsalternativ är att förbrukare med stora skillnader i effektbehov, producerar hela sin elenergi själv, men utjämnar effektbehovet med nätet och betalar således sitt självkostnadspris för elen. Det är tänkbart att något kraftbolag är villig att sluta ett sådant avtal. Elnätet ägs dock av ett oberoende bolag vilket tar betalt för nätanvändning. Att helt slippa elavgifter är således omöjligt.

2.4 Naturgaspris i Sverige

Naturgaspriset i Sverige är kopplat till oljepriset. Sverige har inte några egna större naturgasfyndigheter, utan importerar gas ifrån Danmark. Detta driver givetvis upp gaspriset och den får även en annan inrikespolitisk betydelse för landet. Gaspriset för en småskalig kraftvärmeanläggning vilken förbrukar en miljon normalkubikmeter/år är idag ca 29 öre/kWh. Man får dock ta bort koldioxidskatten på naturgas vilken åtgår till elproduktionen [11]. Priset för naturgasen blir då ca 20 öre/kWh.

Vid en förbrukning av 4 miljoner normalkubikmeter ändras priset endast marginellt. Detta beroende på att naturgaspriset till stor del baseras på oljepriset och inte så mycket på kvantitet.

2.5 Förhållandet Naturgaspris/Elpris

Naturgasen i Sverige konkurrerar främst med oljan, och där konkurrerar den med ett lägre pris och miljöfördelar.

Prisförhållandet mellan naturgas och el är idag ca 1 / 2-3, beroende på effekt och förbrukning [8]. Med detta förhållande är det svårt att få lönsamhet på nyinvesteringar i småskaliga kraftvärmeanläggningar baserade på naturgas. I både England och Danmark där dessa anläggningar är vanliga har man ett annat prisförhållande mellan naturgas och el, d.v.s.

naturgasen är billigare och elen är dyrare. I t.ex. England har man ett förhållande mellan naturgaspris och elpris på ca 1 / 8.

Om priserna i Sverige kan sägas att elpriset är för lågt och naturgaspriset är för högt, för att nå lönsamhet i denna typ av anläggning. Ett högre elpris i framtiden kan dock medföra att lönsamhet nås med småskaliga kraftvärmeanläggningar. Naturgaspriset kommer förmodligen inte att sjunka nämnvärt i framtiden, alltså är elpriset i framtiden avgörande för lönsamheten.

2.6 Elprisets inverkan på lönsamheten för en kraftvärmeanläggning.

Hur avgörande elpriset är för lönsamheten hos en kraftvärmeanläggning kan förklaras med ett kort exempel. Antag att en mindre industri förbrukar 10 GWh el per år till ett genomsnittspris av 30 öre/kWh. Elkostnaden uppgår till 3 miljoner kr per år. En egen kraftvärmeanläggning kostar 4,5 miljoner kr och producerar ström för en kostnad av 28 öre/kWh, en besparing på elräkningen med 200 000 kr per år. Dock är investeringen stor och en rak payback ger en återbetalningstid på 22,5 år, vilket bedöms som olönsamt. Överskjutande el som ej behövs till den egna produktionen, kan säljas till kraftmarknaden. Kraftbolagen köper el till värdet av 25 öre/kWh vilket således inte är lönsamt för denna anläggning.

Antag nu att elpriset stiger till 36 öre/kWh och att kraftbolagen köper din egenproducerade el för 31 öre/kWh.

Elkostnaden stiger till 3,6 miljoner kr per år. Med en egen kraftvärmeanläggning tjänar man in 800 000 kr per år, samtidigt som anläggningen är något överdimensionerad kan man sälja 3 GWh el per år. Elförsäljningen ger en förtjänst på 90 000 kr per år och den sammanlagda besparingen per år är 890 000 kr, vilket ger en rak payback tid på 5 år, som i sin tur anses lönsamt då anläggningens livslängd bedöms till 15 år.

Detta förenklade exempel belyser elpriset betydelse för småskaliga anläggningar. I verkligheten finns det en mängd faktorer som spelar in på en anläggnings lönsamhet. Man har t.ex. ofta höga förbrukningstoppar då man måste köpa el, samt tillfällen då man kan köpa el av kraftproducenter billigare än vad man själv kan producera den. Sådana tillfällen kan vara helger, nätter, varma årstider etc.

Förutsättningar för att småskalig kraftvärme skall kunna etablera sig på marknaden är alltså starkt beroende på elpriset i Sverige. Exemplet belyser också idén med småskalig kraftvärme, d.v.s. producera din egen el själv och sälj producerad överskottsel till kraftmarknaden.

2.7 Exempel på ekonomisk kalkyl för en småskalig kraftvärmeanläggning.

Ett mindre fastighetsbestånd skall investera i en ny värmepanna i sin värmecentral, alternativet är en mindre kraftvärmeanläggning. Nedan visas den förenklade kalkylen 2.4.1 med indata och diagram över lönsamhet.

Kalkyl 2.4.1 Real kalkyl för en mindre kraftvärmeanläggning

KV-anläggning 610 kW_e, 840 kW_v

Gamla pannan behålls till topplast under vintern.

För att förenkla beräkningarna antas samma elpris råda året runt. Eftersom elpriset under sommarhalvåret är väsentligt lägre får dessa kalkylers resultat bedömas med en viss osäkerhet. Däremot ger diagrammen indikationer på hur elpriset påverkar resultatet.

Grundinvestering = 3,6 miljoner kronor

Kalkyl ränta = 7 %

Real prisutveckling i % för elpriset	+0,5/år
Real prisutveckling i % för värmekostnader	+1/år
Real prisutveckling i % för naturgaspris	+0,75/år
Real prisutveckling i % för underhållskostnader	+1/år

Producerad el	3800 MWh	Naturgasförbrukning kv-anl.	10500 MWh
Egenförbrukning el	612 MWh	Naturgasförbrukning spetspanna	1500 MWh
El till försäljning	3188 MWh	Naturgaspris	150 kr/MWh
Topplastförbrukning	100 MWh	Underhållskostnad	50 000 kr/år

Denna kalkyl tar hänsyn till de olika parametrarnas förväntade prisutveckling i framtiden. Kalkylen visas i två diagram 2.4.1 och 2.4.2. I diag. 2.4.1 varierar elpriset enligt tab 2.4.1.

Tab 2.4.1. Elpris till diag. 2.4.1

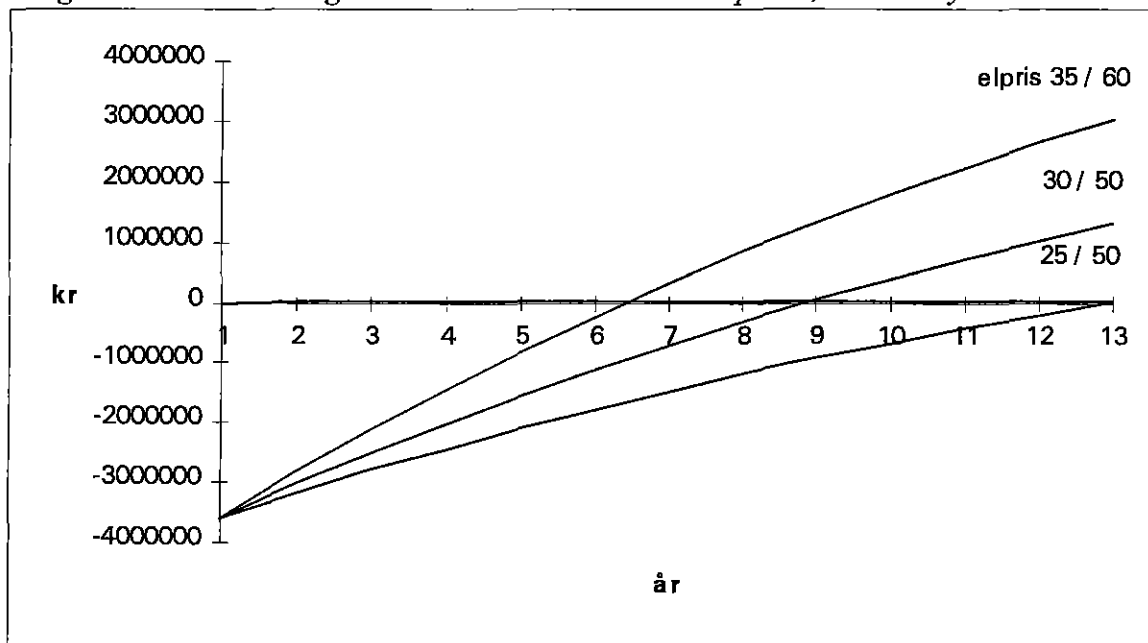
Kurva	Elpris vid försäljning(öre/kWh)	Elpris vid köp(öre/kWh)
25/50	25	50
30/50	30	50
35/60	35	60

I diag. 2.4.2 är elpriset för den ena kurvan 30 öre/kWh vid försäljning och 50 öre/kWh vid köp. Övriga parametrar för denna kurva är som innan, medan den andra kurvan har ett varierande elpris se tab. 2.4.2. Prisutvecklingen skiljer sig också med upp till 0,5 procentenheter ifrån de ursprungliga ekonomiska parametrarna.

Tab. 2.4.2 Elpris till diag. 2.4.2

År	Elpris vid försäljning(öre/kWh)	Elpris vid köp(öre/kWh)
1-4	23	48
4-8	35	65
8-12	31	57

Diag. 2.4.1 Återbetalningstid av en KV-anl. med olika elpriser, med hänsyn till ränta.



Diag. 2.4.1 visar elprisets inverkan på en kraftvärmeanläggning. I det sämsta fallet har men en återbetalningstid eller payback på ca 12 år, medan payback tiden endast är 5 år i det bästa fallet. Detta exempel visar att investeringar i en småskalig kraftvärmeanläggning kan bli en god investering under förutsättning att elpriset stiger från dagens låga nivå. X-axeln skall egentligen vara graderad från noll men detta gick tyvärr ej att utföra med excel.

Diag 2.4.2 Återbetalningstid av en KV-anl. med varierande ekonomiska parametrar

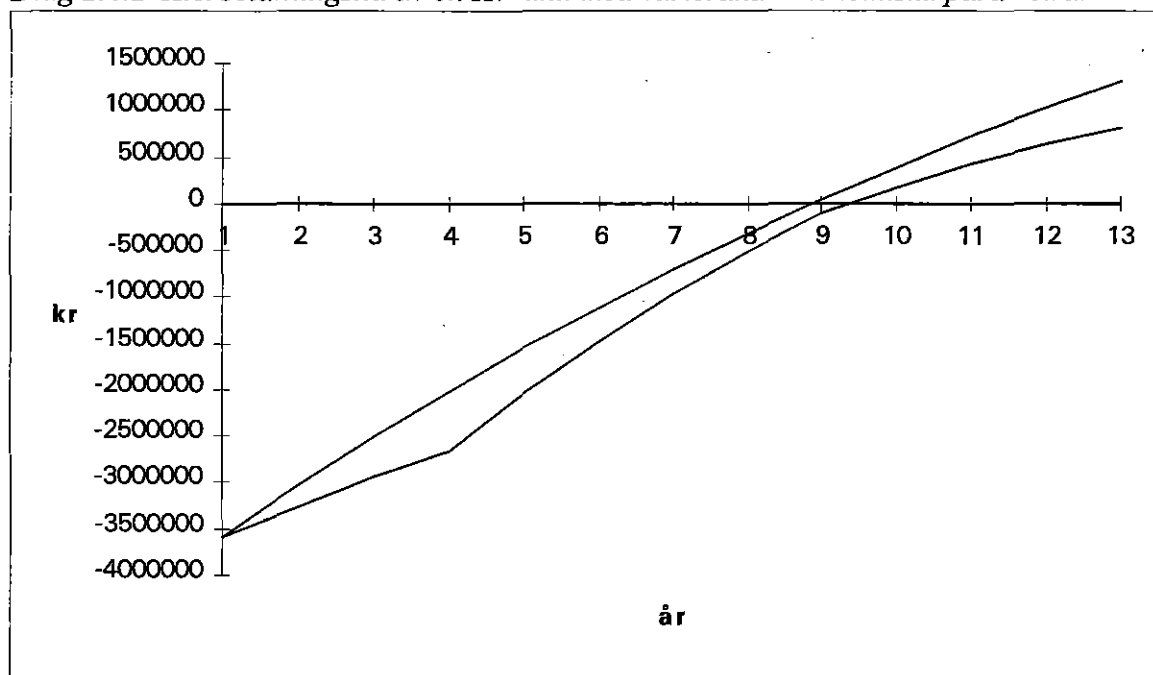


Diagram 2.4.2 visar på osäkerheten i en ekonomisk kalkyl. Det är som bekant svårt att förutsäga prisutvecklingen på de ingående ekonomiska parametrarna i en kalkyl. Den ena kurvan har konstant prisutvecklingen medan den andra har varierande prisutveckling.

Kurvan med konstant prisutveckling har ett kapitalvärde som är ca 50 000 kr högre än kurvan med varierande prisutveckling, dvs den visar 50 000 kr högre lönsamhet. Kurvan med varierande prisutveckling speglar dock verkligheten bättre. Ofta stiger t.ex. bränslepriset under en period för att sedan sjunka en period, beroende på tillgång och efterfrågan på marknaden.

Denna kalkyl är förenklad, då man i verkligheten tar hänsyn till allt av vikt. Det finns speciella program för att beräkna den optimala anläggningen. Två sådana program är danska KV BUDGET och KV DESIGN. Dessa två program tar hänsyn till t.ex. klimat, eltariffer, värmebehov, ränta, verkningsgrader, bränslepriser, mm.

KV BUDGET och KV DESIGN kommer att användas för att räkna på den förprojekterade anläggningen i kapitel 8.

3. MOTORTYPER VILKA ANVÄNDES I KRAFTVÄRMEANLÄGGNINGAR

3.1 Förbränningsmotorer

Förbränningsmotorer är motorer där den kemiska energin i ett bränsle omvandlas via förbränning till mekanisk energi. Denna rapport kommer endast att behandla kolvmotorer, vilka arbetar efter otto- eller dieselprincipen.

Motortyperna är vanligt förekommande och finns i stor skala över hela världen. Dessa används främst till framdrivning av bilar, lastbilar, båtar och fartyg.

Eftersom motortyperna tillverkats och varit i drift under en längre tid, har man successivt förbättrat verkningsgrader, tillverkningsprinciper, livslängd, mm. Tack vare detta slipper man mycket av utvecklingsarbetet när man skall driva en sådan motor med naturgas. Som bekant är de vanligaste bränslena till dessa motorer dieselolja och bensin. Hur en diesel- och ottomotor fungerar samt hur naturgas påverkar driften förklaras i kapitel 3-4.

3.2 Förbränningsmotorn i en kraftvärmeanläggning

I en kraftvärmeanläggning utnyttjas axeleffekten till att driva en generator, vilken producerar elkraft. Kylvattnet och avgaserna från motorn användes till ånggenerering eller till uppvärmning av närliggande lokaler. Genom att även utnyttja kylvattnet från motorn erhålls en hög totalverkningsgrad, normalt 80-90 %.

3.3 Fyrtakts- och tvåtaktscykel

Både ottomotorn och dieselmotorn kan arbeta efter två- eller fyrtaktsprincipen. Dieselmotorn delas dessutom upp i lågvarvs, mellanvarvs och högvarvsmotorer. Hur en tvåtaktscykel och hur en fyrtaktscykel ser ut förklaras under 3.4-3.5.

3.4 Tvåtaktsprincipen

Tvåtaktsmotorn har ett arbetsförlopp vilket består av två takter, som tillsammans utgör en arbetscykel. I en tvåtaktsmotor sker vanligen insug och utblåsning av arbetsmediet genom inlopps- och avloppsportar i cylinderväggen. Kolven öppnar och stänger dessa portar under sin fram- och återgående rörelse. I en ottotvåtaktsmotor sker antändning av bränsleblandningen med ett tändstift i cylindertoppen, medan bränsleblandningen självantänder i en dieseltvåtaktsmotor.

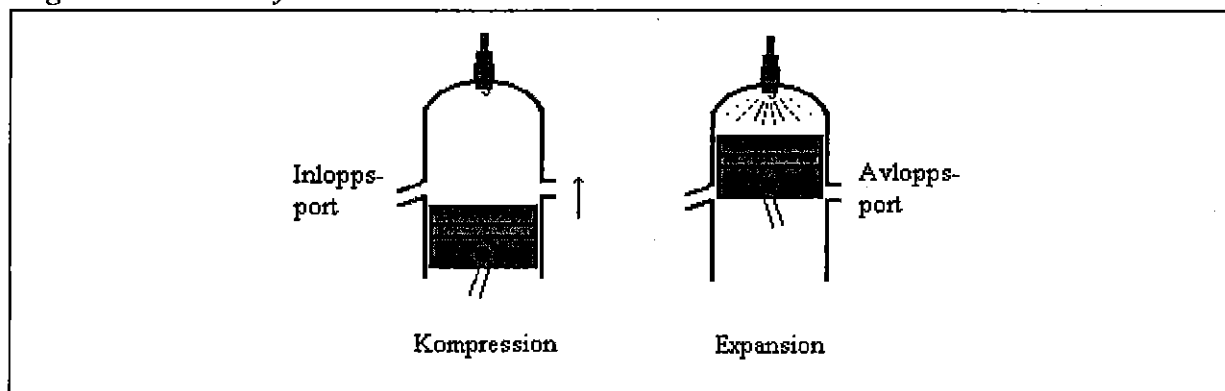
3.4.1 KOMPRESSIONSTAKT(SE FIG. 3.3.1)

Kolven befinner sig i sitt nedersta läge vilket kallas för nedre dödpunkt. Både inlopps- och avloppsporten är öppna, från inloppsporten strömmar det in ny bränsleluftblandning, vilken trycker ut avgaserna från det föregående arbetsförloppet genom avloppsporten. Kolven stänger först inloppsporten och sedan avloppsporten på sin väg uppåt i cylindern. Kompressionen börjar och fortsätter tills kolven når cylindertoppen, vilken kallas övre dödpunkt.

3.4.2 EXPANSIONSTAKT(SE FIG. 3.4.1)

Vid övre dödpunkt så antänds bränsleluftblandningen, varvid tryck och temperatur stiger kraftigt. Övertrycket driver kolven nedåt i cylindern och arbete utvinns. När kolven når nedre dödpunkt är tvåtaktscykeln fullbordad och cykeln börjar om igen.

Fig. 3.4.1 Tvåtaktscykel



3.5 Fyrtaktsprincipen

Fyrtaktsmotorn har ett arbetsförlopp vilket består av fyra takter, som tillsammans utgör en arbetscykel. En fyrtaktsmotor har normalt insugnings- och avgasventiler i cylindertoppen. Genom dessa sker en arbetsmedieväxling. De olika takterna förklaras under 3.5.1-3.5.4. I en ottofyrtaktsmotor antänds bränsleluftblandningen med ett tändstift, medan bränsleluftblandningen självantänder i en dieselfyrtaktsmotor.

3.5.1 INSUGNINGSTAKT(SE FIG. 3.5.1)

Kolven färdas nedåt i cylindern varvid det uppstår ett undertryck i cylindern. Undertrycket suger ner bränsleluftblandning från den öppna insugningsventilen.

3.5.2 KOMPRESSIONSTAKT(SE FIG. 3.5.1)

När kolven når nedre dödpunkt så stänger insugningsventilen. Kolven vänder nu uppåt och börjar således att komprimera bränsleluftblandningen. Vid övre dödpunkt så antänds bränsleluftblandningen.

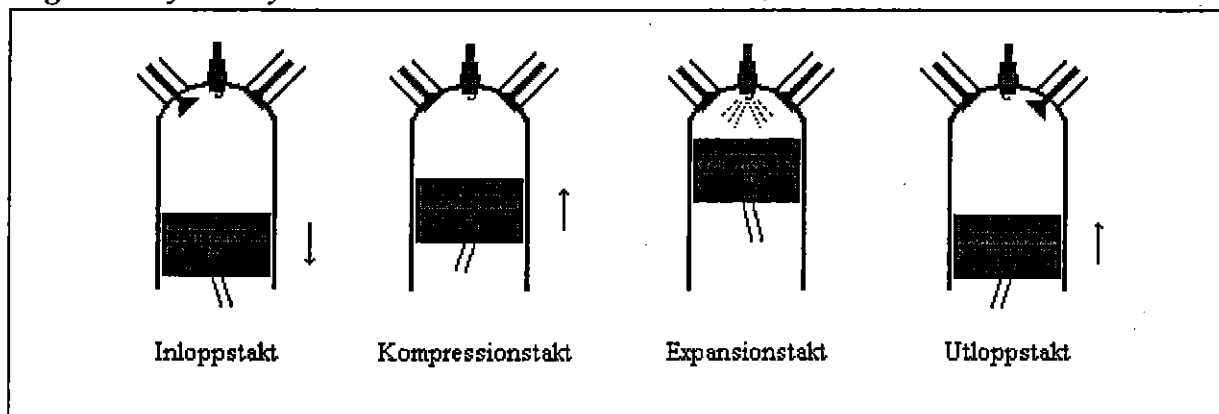
3.5.3 EXPANSIONSTAKT(SE FIGUR 3.5.1)

Antändningen av bränsleluftblandningen medför att tryck och temperatur stiger kraftigt. Trycket driver kolven nedåt i cylindern varvid arbete utvinns.

3.5.4 UTLOPPSTAKT(SE FIGUR 3.5.1)

När kolven når nedre dödpunkt har det höga trycket reducerats kraftigt och omvandlats till mekaniskt arbete. Kolven börjar nu färdas uppåt samtidigt som avgasventilen öppnar, varvid avgaserna pressas ut genom denna ventil. När kolven når övre dödpunkt så stänger avgasventilen och insugningsventilen öppnar. Fyrtaktscykeln är därmed fullbordad.

Fig. 3.5.1 Fyrtaktscykel



3.6 Fyrtakts- och tvåtaktsmotorn

Fyrtaktscykeln innebär att kolven endast uträttar arbete vartannat kolvslag, till skillnad från tvåtaktsmotorn där arbete uträttas varje kolvslag. Detta innebär teoretiskt att en tvåtaktsmotor levererar dubbel effekt jämfört med en fyrtaktsmotor med samma dimensioner.

Tvåtaktsmotorn har emellertid en del nackdelar, vilka inverkar både på effekt och emissioner. I praktiken erhåller man 60-80 % högre effekt ur en tvåtaktsmotor med samma dimensioner som en fyrtaktsmotor. Tvåtaktsmotorn har alltså mindre dimensioner än en fyrtaktsmotor med samma effekt. Det är dock svårt att erhålla en god cirkulation vid mediebyte i cylindern med en tvåtaktsmotor, vilket innebär att framförallt mindre motorer släpper ut en hel del oförbränd bränsleluftblandning med avgaserna. Detta är givetvis negativt för miljön.

3.7 Dieselmotorn

I dieselmotorn komprimeras ren luft. Något innan kolven når övre dödpunkt sprutas bränslet in i cylindern, varvid det självantänder p.g.a. det höga värmets som utvecklats under kompressionen. Under förbränningen omvandlas den kemiska energin i bränslet till tryckenergi i cylindern, för att sedan omvandlas till mekanisk energi. Viktigt för bränslet till en dieselmotor är att det självantänder av värmets som utvecklats under kompressionen. Det finns även dieselmotorer där antändningen sker med hjälp av en glödkropp eller ett tändstift, detta kallas då för en semidieselmotor.

3.8 Ottomotorn

I en ottomotor komprimeras en bränsleluftblandning, vilken sedan antändes med ett tändstift. Under förbränningen omvandlas den kemiska energin i bränslet till tryckenergi i cylindern, för att sedan omvandlas till mekanisk energi. Viktigt för ett bränsle till en ottomotor är dess förmåga att motstå självantändning under kompressionen. Under kompressionen stiger temperaturen kraftigt, normalt till 500-600 °C. Om bränslet självantänder innan kolven nått övre dödpunkt, medför detta en effektreducering samt på sikt risk för haveri.

4. TERMODYNAMIK FÖR DIESEL- OCH OTTOCYKELN

4.1 Ottocykeln med naturgasaspekter

Arbetscykelns förlopp är en kretsprocess och kan utläsas i ett pV-diagram.

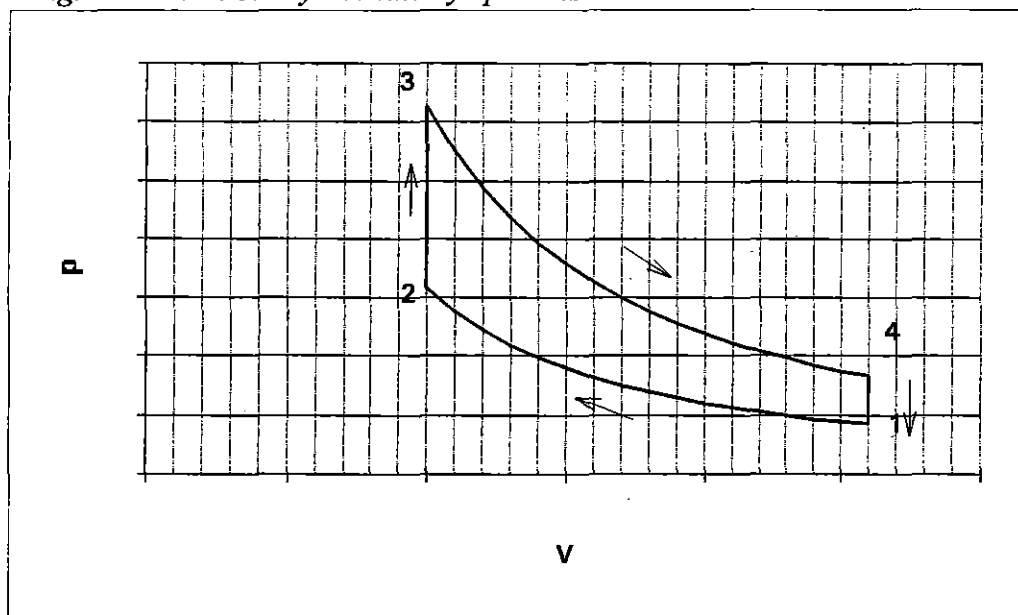
För att förenkla beräkningarna gör man följande antagande:

- arbetsmediet antas vara en ideal gas
- delprocesserna antas vara ideala, dvs man betraktar kompression och expansion som isentroper.
- bortförandet av de varma avgaserna ersätts med avkylning av arbetsmediet till samma tillstånd som vid kompressionens begynnelsepunkt.

Med dessa antagande erhåller man den ideala ottocykeln, vilken även kallas likvolymprocessen.

Processen åskådliggörs nedan i diag. 4.1.1. Arbetet som uträttas indikeras av arean under kurvan, dvs större area medför ett större uträttat arbete.

Diag. 4.1.1 Ideal ottocykel / likvolymprocess



1→2 isentropisk kompression

3→4 isentropisk expansion

2→3 värmetillförsel vid konstant volym

4→1 värmeförlust vid konstant volym

Ur detta diagram kan man avläsa att kompressionen sker från 1→2. Från 2→3 sker antändning av bränsleluftblandningen, varvid processen erhåller en energitillförsel. Expansion sker från 3→4 varvid arbete utvinns. Mellan 4→1 trycks avgaserna ut och ny bränsleluftblandning förs in i cylindern.

Likvolymprocessens teoretiska termiska verkningsgrad är definierad som kvoten av nettoarbete och tillförd energi. Verkningsgraden kan skrivas enligt följande [10]:

$$\eta_{tt} = 1 - (1 / \varepsilon)^{\kappa-1} \quad (\text{ekv. 4.1})$$

$\varepsilon = v_1 / v_2$ kallas för kompressionsförhållandet och är kvoten mellan största och minsta cylindervolym.

Kappa (κ) definieras som kvoten av gasens specifika värmekapacitivet vid konstant tryck c_p , och konstant volym c_v

$$\kappa = c_p / c_v$$

Ur ekv. 4.1 ovan kan man utläsa att viktiga faktorer för en hög verkningsgrad i en ottomotor är ett högt kompressionsförhållande samt ett högt kappavärde.

4.1.1 KAPPA (κ)

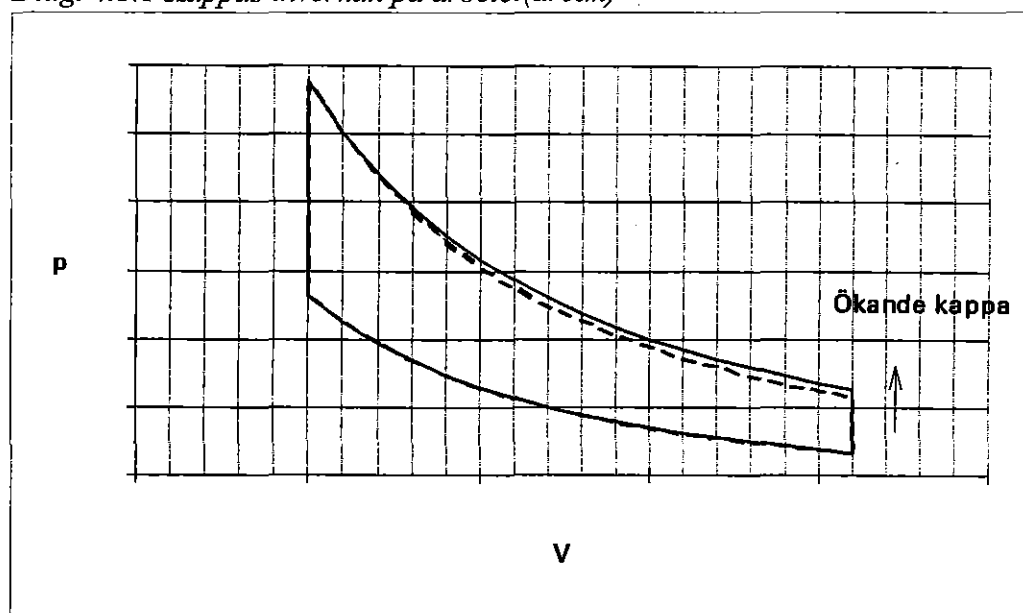
Ett högt kappavärde medför en bättre verkningsgrad som man kan se ur ekv. 4.1 .
Vid stökiometriska blandningar (se 5.1) råder det ganska stora skillnader mellan de olika bränslena (se tabell 4.1.1). Naturgas är dock ett av de bättre vid $\lambda=1$, där lambda är luftöverskottet. Med ett ökat luftöverskott så minskar emellertid differenserna mellan bränslena och de närmar sig luftens kappavärde(1,4).

Tab. 4.1.1 Kappa värde för olika bränslen vid olika λ [7]

	Enbart bränsle	Lambda	
		1	2
Luft	-	1,40	1,4
Naturgas	1,31	1,39	1,4
Bensin	1,05	1,35	1,37
Etanol	1,13	1,34	1,37

I ett pV-diagram kan man även utläsa hur det uträttade arbetet ökar med ett ökande kappa. I diag. 4.1.1 visas hur det uträttade arbetet ökar med $\kappa = 1,3$ till $\kappa = 1,39$. Observera att detta endast gäller under ideala förhållanden (t.ex. ideal gas, inga förluster, mm.)

Diag. 4.1.1 Kappas inverkan på arbetet(arean)



4.1.2 KOMPRESSIONSFÖRHÅLLET

Ur ekv. 4.1 kan man utläsa att ett högt kompressionsförhållande medför en verkningsgradsökning. Det som begränsar kompressionen i en ottomotor är bränslets förmåga att motstå självantändning.

Under kompressionen ökar trycket och temperaturen. Om man förutsätter att cylinderväggarna är isolerade d.v.s. ingen värmeövergång sker genom cylinderväggen, så kommer temperaturökningen att följa denna formel :

$$T_2 = T_1 (\epsilon)^{\kappa-1}$$

T_1 = Temperatur före kompression i grader Kelvin

T_2 = Temperatur efter kompression i grader Kelvin

Exempel 4.1.2 Temperaturökning med en ideal gas

$$T_1 = 50 \text{ } ^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$\kappa = 1,4$$

$$\epsilon = 10$$

$$\Rightarrow \text{Temperatur efter kompression} = 538 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 50 \text{ } ^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

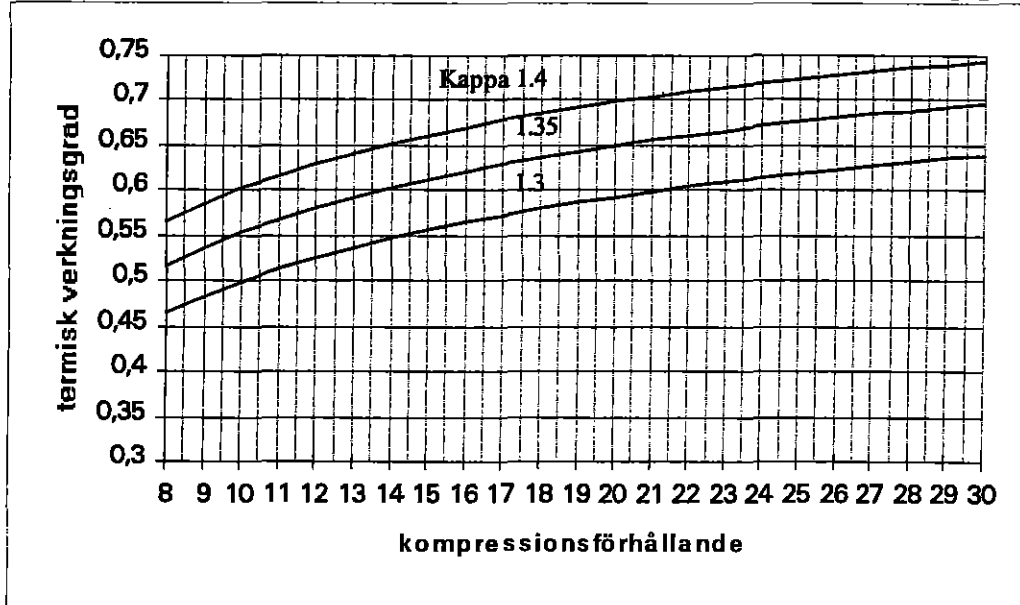
$$\kappa = 1,4$$

$$\epsilon = 15$$

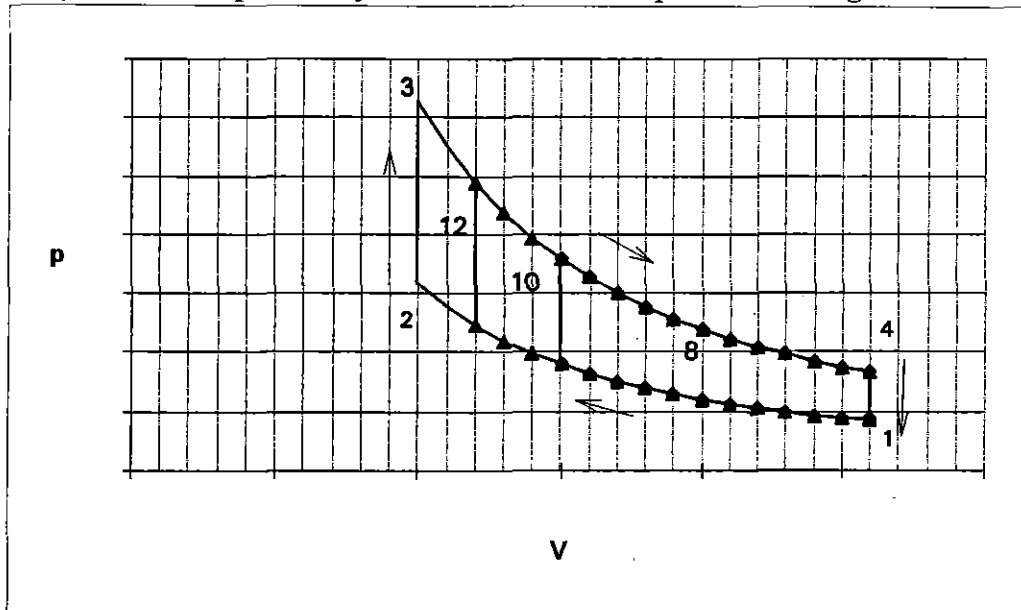
$$\Rightarrow \text{Temperatur efter kompression} = 681 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Exempel 4.1.2 visar att temperaturökningen är kraftig under kompressionen, samt att temperaturökningen till stor del beror på kompressionsförhållandet. Ett bra bränsle till en ottomotor karakteriseras av en hög självantändningstemperatur, d.v.s. god termisk stabilitet. Naturgas har en högre självantändningstemperatur än t.ex. bensin och möjliggör därigenom ett högre kompressionsförhållande, vilket är verkningsgradshöjande. I diag. 4.1.2 visas kompressionsförhållandets inverkan på den termiska verkningsgraden, dock med ideala arbetsmedia. Diagram 4.1.2a visar hur arbetet(arean) ökar med högre kompressionsförhållande.

Diag. 4.1.2 Kompressionsförhållandets inverkan på den termiska verkningsgraden



Diag. 4.1.2a Kompressionsförhållandets inverkan på det utvinningsbara arbetet (arean)



Med ökad kompression ökar även de termiska förlusterna och friktionsförlusterna i motorn, vilket gör att kompressionsförhållandet uppnår ett maximum ofta vid ca $\epsilon = 14-18$ [10]. Detta kompressionsförhållandet är ej möjligt att uppnå med bensin, men väl med naturgas.

4.1.3 ÖVRIGA TERMODYNAMISKA ASPEKTER PÅ OTTOMOTORN

Naturgas har lägre värmevärde per volymenhet än bensin. Kompressionsarbete med naturgas är även något högre än med bensin. Avgasenergin med naturgas är hög, vilket gör den lämplig att använda till ett turboaggreget och därigenom överladda motorn. Vid överladdning höjer man trycket på inloppssidan och ökar därmed motorns specifika effekt.

4.2 Verklig ottocykel

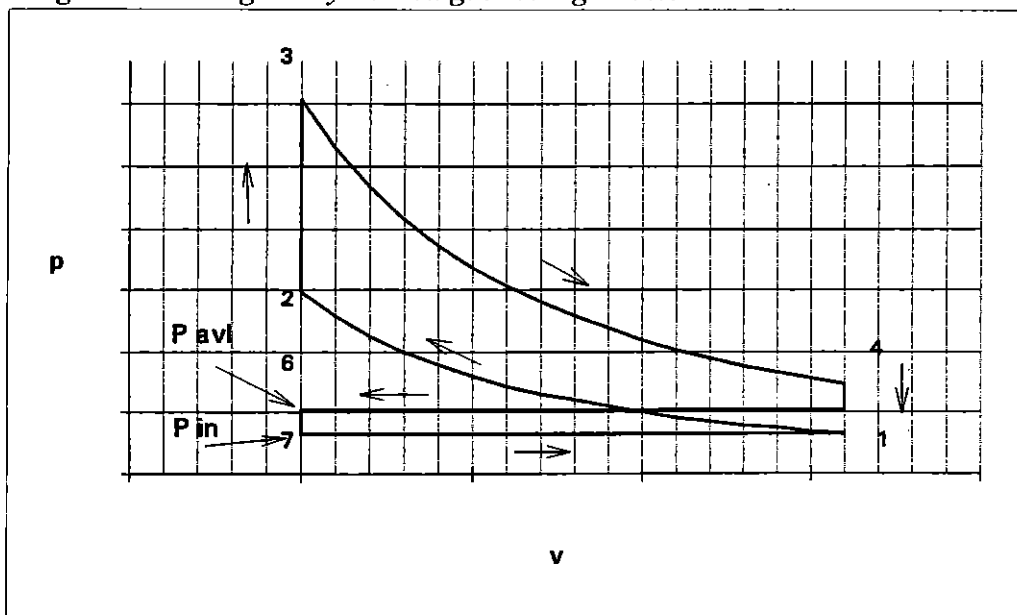
Den ovan beskrivna processen existerar bara i teorin men ger ändå indikationer på vad som är verkningsgradshöjande, samt hur processen påverkas av olika indata. I verkligheten har vi olika förluster, ej ideal gas samt ett gasväxlingsarbete. Värme- och friktionsförlusterna ökar med ökad kompression, vilket medför att verkningsgraden når ett maximum vid ca $\epsilon = 15$ med naturgas idag.

Under processen är ej c_p och c_v konstanta, utan ändrar sig med temperatur och tryck.

Vid förbränningen övergår gasinnehållet till andra föreningar såsom CO_2 , NO etc.

Efter varje cykel måste arbetsmediet bytas ut, eftersom dess energiinnehåll förbrukats under förbränningen. Kolven måste alltså utföra ett gasväxlingsarbete för att tömma cylindern på avgaser och suga in ny bränsleluftblandning. Den riktiga cykeln får ett idealt förlopp enligt diag. 4.2.1.

Diag. 4.2.1 Verklig ottocykel med gasväxlingsarbete



Arbetet som ottomotorn utför är beroende på mängden av bränsleluftblandningen. För att reglera ottomotorns effektmotor så stryper man inloppet, för att minska den insugna bränslemängden. Vid strypning sjunker trycket på inloppssida medan avloppstrycket är minst atmosfärtryck. Inloppstrycket sjunker med ökad strypning vilket medför att punkten 7 i diag. 4.2.1 erhåller ett lägre värde. Eftersom punkt 6 är konstant kommer gasväxlingsarean att öka med mer strypning. Ett lägre inloppstryck medför alltså att gasväxlingsarbete ökar i förhållande till det avgivna arbetet. En strypreglering av ottomotorn medför alltså att verkningsgraden minskar eftersom pumparbetet ökar relativt det avgivna arbetet.

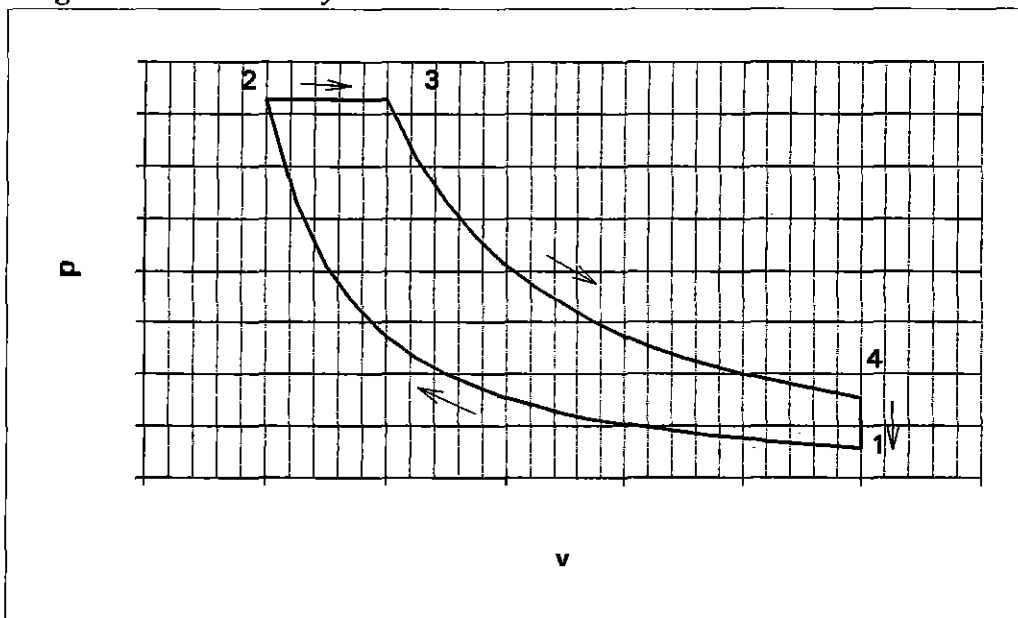
4.3 Dieselrykeln med naturgasaspekter

Dieselrykelns kretslopp kan åskådliggöras i ett pV-diagram precis som med ottocykeln. För att förenkla beräkningarna gör vi samma antagande som med ottocykeln :

- arbetsmediet antas vara en ideal gas
- delprocesserna antas vara ideala, d.v.s. man betraktar kompression och expansion som isentroper.
- bortförandet av de varma avgaserna ersätts med en avkylning av arbetsmediet till samma tillstånd som vid kompressionens begynnelsepunkt.

Med dessa antaganden erhåller man den ideala dieselrykeln, vilken även kallas liktryckprocess, se diag. 4.3.1 nedan.

Diag. 4.3.1 Ideal dieselrykel



1→2 isentropisk kompression 3→4 isentropisk expansion
2→3 värmetillförsel vid konstant tryck 4→1 värmebortförsel vid konstant volym

Ur diag. 4.3.1 kan man avläsa att kompression sker mellan 1→2. Från 2→3 sker tillförsel och antändning av bränsle under konstant tryck, varvid processen erhåller en energitillförsel. Expansion sker mellan 3→4, varvid arbete utvinns. Från 4→1 sker kylning av arbetsmediet under konstant volym i den ideala dieselrykeln.

Den termodynamiska skillnaden mellan diesel- och ottocykeln är att energitillförseln till dieseln sker under konstant tryck, dvs man tillför energi i sådan takt att trycket hålls konstant, till skillnad från ottomotorn där det sker en kraftig tryckstegring under energitillförseln. Rent praktiskt går det till så att tillförsel och antändning av bränslet sker när kompressionstakten är slut och expansionstakten börjat.

Liktryckprocessens teoretiska termiska verkningsgrad tecknas som kvoten av nettoarbetet och tillförd energi. Verkningsgraden kan skrivas enligt följande [10]:

$$\eta_{tt} = 1 - ((\Phi^\kappa) - 1) / (\kappa * (\epsilon^{\kappa-1}) * (\Phi - 1)) \quad (4.3)$$

$$\kappa = c_p / c_v \text{ (se 4.1)}$$

$$\epsilon = v_1 / v_2 \text{ (se 4.1)}$$

$\Phi = v_3 / v_2$ = insprutningsförhållandet, anger relationen mellan volymen efter insprutning och volymen efter kompressionen.

4.3.1 KAPPA (κ)

Ett högt kappa är att eftersträva, eftersom man då erhåller en högre verkningsgrad, se 4.1.1

4.3.2 KOMPRESSIONSFÖRHÅLLET (ϵ)

Ett högt kompressionsförhållande medför en hög verkningsgrad enligt ekv. 4.3.

Eftersom man endast komprimerar luft i dieselpcykeln så uppstår det inga problem med självantändning under kompressionen, vilket möjliggör ett högre kompressionsförhållande ($\epsilon \sim 25$) än vad som är möjligt i en ottomotor. Det högre kompressionsförhållandet medför att man erhåller högre verkningsgrader med dieselmotorer än med bensinottomotorer.

I en dieselmotor självantänder bränslet när det sprutas in i cylindern. Temperaturen som uppnås efter kompressionen måste alltså vara högre än bränslets självantändningstemperatur. Naturgas har dock en betydligt högre självantändningstemperatur än vad som uppnås normalt i en dieselmotor se tab. 4.3.2, vilket medför att någon tändanordning måste installeras för att man ska kunna använda naturgas i en dieselmotor.

Tab. 4.3.2 Olika bränslens självantändningstemperatur [10]

Bränsle	Självantändningstemperatur (° C)
Diesel	330-360
Bensin	330-550
Naturgas	650

4.3.3 INSPRUTNINGSFÖRHÅLLET (Φ)

När kolven når övre dödläget efter kompressionen så börjar insprutning av bränslet. Insprutningen fortgår medan kolven börjar sitt expansionsslag. Insprutningen avslutas vid volymen v_3 .

Insprutningsförhållandet anger relationen mellan volymen v_3 efter insprutning och volymen efter kompressionen v_2 . Ett stort värde på insprutningsförhållandet medför att insprutningstiden blir lång. Insprutningstiden bör vara så kort som möjligt för högsta verkningsgrad se diag 4.3.4.

4.3.4 TERMISK VERKNINGSGRAD

Den teoretiska termiska verkningsgraden kan skrivas enligt följande [10]:

$$\eta_{tt} = 1 - ((\Phi^\kappa) - 1) / (\kappa * (\epsilon^{\kappa-1}) * (\Phi - 1)) \quad (4.3)$$

Φ = Insprutningsförhållandet (se 4.3.3), ϵ = Kompressionsförhållandet (se 4.1.2)

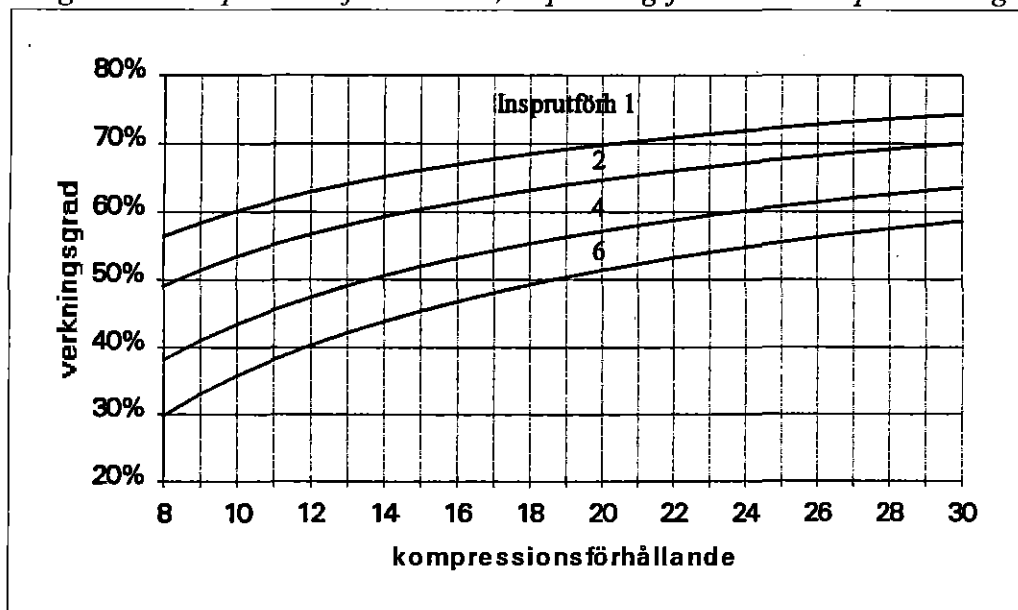
κ = Kappa (se 4.1.1)

Härledningen av denna formel ges ej i denna rapport.

I diag. 4.3.4 visas hur verkningsgraden påverkas av olika parametrar.

$\kappa = 1,4$, $\epsilon = 8-30$

Diag. 4.3.4 Kompressionsförhållande, insprutningsförh. inverkan på verkningsgraden



Ur diag. 4.3.4 utläses att den termiska verkningsgraden ökar med kompressionsförhållandet och med en snabbare insprutning. Insprutningen bör alltså ske snabbast möjligt i den ideala cykeln, vilket kan tyckas konstigt då kortare tid medför mindre insprutad volym. Mindre volym innebär mindre energi och med det mindre arbete.

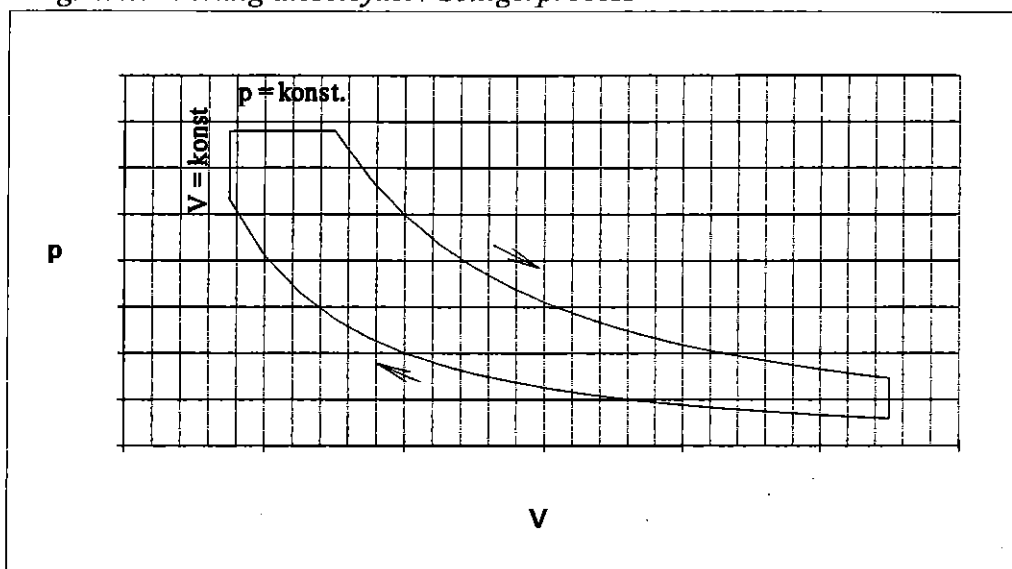
4.4 Verklig dieselcykel

Den ovan beskrivna processen existerar bara i teorin, men ger ändå indikationer på vad som är verkningsgradshöjande, samt hur processen påverkas av olika indata.

I verkligheten har man olika förluster och ej en ideal gas, vilket får processen att avvika från den termodynamiska modellen. Värme- och friktionsförlusterna ökar med kompressionen, vilket medför att verkningsgraden normalt når ett maximum vid ca $\epsilon = 18-25$. Ett maximum för insprutningsförhållandet Φ erhålls också för olika motorer.

I en verklig dieselprocess sker inte förbränningen med konstant tryck, utan den sker både vid konstant tryck och konstant volym. Dieselprocessen beskrivs bättre med den sk Seiligerprocessen se diag. 4.4.1 .

Diag. 4.4.1 Verklig dieselcykel / Seiligerprocess



Dieselprocessen regleras genom att ändra massan insprutad bränsle. I dieselcykeln komprimeras luft till vilken bränslet tillsätts, någon strypning av luftflödet förekommer inte. Tryck i insugningsrör och avgasrör är därför teoretiskt sett lika stort, vilket innebär att motorn ej behöver utföra något pumparbete. Teoretiskt sett minskar inte verkningsgraden nämnvärt vid dellaster.

4.5 Naturgasdrift med ottomotor eller dieselmotor

Det finns många olika för- och nackdelar med de olika motortyperna. Bästa verkningsgraden uppnås dock i dieselmotorn, detta beroende på det högre kompressionsförhållandet samt att man slipper gasväxlingsarbetet till stor del i dieselmotorn. De motorer som idag utvecklas för naturgasdrift arbetar inte som en renodlad otto- eller dieselmotor, beroende på att naturgas ej kan självantända i en dieselmotor, samt att kompressionsförhållandet i en ottomotor är för lågt för att erhålla en god verkningsgrad.

En naturgasmotor idag är en ottomotor med förhöjd kompression, eller en dieselmotor med någon tändanordning.

Det finns två olika slags tändanordningsprinciper för naturgasmotorer, nämligen pilotbränsle och tändstiftsmotor.

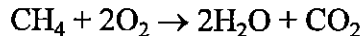
- Dual fuel eller pilot bränsle. Tändenergin kommer ifrån ett bränsle som sprutas in med naturgasen men vilket självantänder av kompressionsvärmets. Pilotbränslet vilket utgör 5-10 % av den totala bränslemängden i cylindern antänder sedan naturgasen.
- Tändstiftsmotorer där tändenergin kommer ifrån en elektrisk gnista. Den vanligaste motortypen är leanburn motor som använder tändstift.

5. FÖRBRÄNNING OCH EMISSIONER

5.1 Förbränning

Naturgas är en gas vilken består av mindre kolväten, främst metan. Gasen har bildats under miljontals år och finns lagrad långt ner i jordskorpan.

Naturgasen vi använder kommer ifrån Danmark och innehåller 90 % metan, 5 % etan, 2 % propan, 1,5 % butan, när vi förbränner naturgas, som vi för enkelhetens skull här definierar som metan (CH₄), kommer följande reaktion att ske:



När alla syreatomer reagerar med alla i bränslet ingående komponenter, kallas detta för fullständig- eller stökiometrisk förbränning. Man säger att reaktionen har skett utan luftöverskott. Luftöverskottet benämns lambda λ och vid fullständig förbränning tilldelas lambda värdet = 1, en förbränningsprocess där inte allt syre förbrukas tilldelas $\lambda > 1$, samt en process där det råder luftunderskott $\lambda < 1$.

Förbränning av naturgas ger enligt ovan vattenånga och koldioxid, det skall dock tilläggas att detta är under ideala förhållanden. I själva verket är förbränning en avancerad process där en mängd reaktioner äger rum. Luft och naturgas innehåller också andra ämnen än kol, syre och väte, vilka tillsammans med en icke ideal förbränning ger oönskade emissioner, såsom kväveoxider, oförbrända kolväte mm.

5.2 Emissioner

Naturgas är ett bränsle som vid förbränning orsakar relativt små emissioner i förhållande till andra bränslen. Emissionerna från naturgasförbränning är huvudsakligen följande:

- CO och CO₂
- NO_x
- HC

Det bildas även andra emissioner, men dessa är antingen väldigt små eller ej skadliga för miljön. Nedan redogörs kort för hur emissionerna bildas och dess effekter på miljön. Småskaliga kraftvärmeanläggningar orsakar även en del buller, som tas upp under 5.2.4..

5.2.1 CO OCH CO₂

Kolmonoxid (CO) är en färglös giftig gas, vilken bildas vid ofullständig förbränning. Kolmonoxid är en brännbar gas, vilken skall minimeras för att undvika onödiga förluster. Koldioxid (CO₂) står för största delen av växthusemissioner som släpps ut av människor. Den uppkommer vid förbränning av bränsle med kolinnehåll d.v.s. de flesta bränslen. Naturgas ger dock upphov till mindre CO₂ emissioner per energienhet än andra fossila bränslen, tack vare sitt lägre kolinnehåll se tab. 5.2.1 .

Tab 5.2.1 CO₂ -emissioner från olika fossila bränslen [2]

Bränsle	CO ₂ -emissioner (kg/GJ)
Naturgas	57
Olja	78
Kol	95

5.2.2 NOx

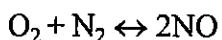
Kväveoxider går under den allmänna benämningen NOx . Man menar då NO, NO₂, N₂O (lustgas). Dessa gaser oxideras vidare i atmosfären till saltpetersyrlighet (HNO₂) och saltpetersyra (HNO₃). Under senare tid har man ägnat mer uppmärksamhet åt kväveoxidernas försurande och övergödande effekter på miljön. NOx bidrar även till bildningen av fotokemiska oxidanter, vilka bildar markozon som är starkt toxiskt för både djur och människor.

NOx bildas enligt tre mekanismer.

- Termisk NOx
- Prompt NOx
- Fuel NOx

Termisk NOx

Kväveoxid bildas av luftens syre och kväve vid höga förbränningstemperaturer. Den termiska kväveoxidbildningen sker enligt reaktionsformeln nedan:



Kväveoxidbildningen är starkt beroende av förbränningstemperaturen, således erhålls mindre termisk NOx vid lägre förbränningstemperaturer. Höga luftöverskott och avgasrecirkulation är effektiva sätt att reducera termisk NOx. Dessa metoder sänker förbränningstemperaturen avsevärt.

Prompt NOx

NOx bildas även i flamman. Reaktionen som sker i flamman är komplex och behandlas inte här. NOx bildningen i flamman utgör idag en gräns för hur låga NOx halter man kan erhålla.

Fuel NOx

NOx bildningen är också starkt bunden till kväveinnehållet i bränslet. Naturgas innehåller dock ingen kväve, varför den kan försummas i naturgassammanhang.

5.2.3 HC

Oförbrända kolväten (HC) uppkommer alltid eftersom optimal förbränning i en process är väldigt svårt att uppnå. Metan som är huvudbeståndsdelen i naturgas, bidrar till växthuseffekten om den släpps ut oförbränd. Uppkomsten av HC beror av många orsaker, såsom ofullständig förbränning, flamkylning, sliten motor etc.

5.2.4 BULLER

En naturgasmotor avger buller och vibrationer. Bullret emitteras från luftintag, avgaskanal och från de rörliga mekaniska komponenterna. Vibrationerna härstammar från de rörliga mekaniska komponenterna och fortplantar sig via motorupphängningar och fästen. Bullret är lågfrekvent och är därmed ett problem eftersom lågfrekventa ljud är mer svåråtdämpade än högfrekventa ljud. Problemen med buller och vibrationer minskas med dämpande motorupphängningar, ljuddämpare, avskärmningar samt att man kan förlägga anläggningen i en enskild byggnad. En buller- och vibrationsdämpad anläggning avger normalt 65-75 dB. Om anläggningen är förlagd i en separat byggnad uppgår bullret normalt till 30 dB på 60 meters avstånd.

Bullerkraven vilka ställs av miljönämnden i Malmö stad redovisas i tab 5.2.4.

Tab 5.2.4 Bullerkrav i Malmö stad för anläggningar med tillförd effekt 0,5-10 MW[6]

	Bostäder(dB)	Arbetsområden(dB)
kl 7-18	50	60
kl 18-22 (7-18 helger)	45	55
kl 22-07	40(*55)	50

* Får ej överstiga momentanvärdet 55 dB

Bullerkraven anges med en ekvivalent nivå, d.v.s. ett medelvärde. Bullret får alltså periodvis vara högre än tabellvärdet. Värdet för bostäder mäts utanför fönstret. En anläggning som ligger i en bullerdämpad separat byggnad på 50-100 m avstånd klarar dessa krav.

6. AVGASRENING

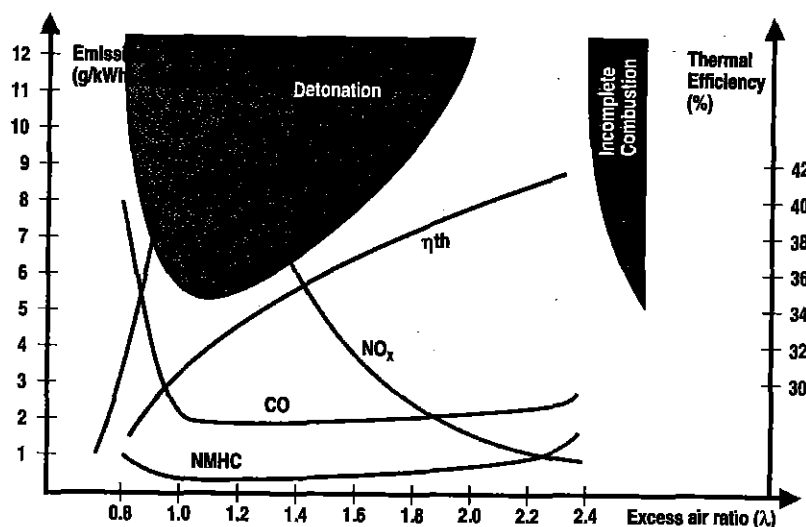
6.1 Allmänt

I gasmotorer används olika tekniker för att reducera emissionerna från motorn. Nedan beskrivs de vanligaste reduktionsmetoderna.

6.2 Leanburn

Leanburn innebär att förbränningen äger rum under högt luftöverskott $\lambda \approx 1.8 - 2.3$. Det höga luftöverskottet sänker förbränningstemperaturen. En låg temperatur medför mindre NO_x. Detta är ett billigt och bra sätt att reducera NO_x, vilket medfört att de flesta gasmotorer idag är leanburnmotorer. Hur luftöverskottet påverkar kväveoxiderna och övriga emissioner kan utläsas i diagram 6.2.1 nedan. Eftersom motorn arbetar med en mager blandning medför detta att misständning och ofullständig förbränning kan uppstå, vilket kan ge höga HC emissioner. För att minska oförbrända kolväten förser man ofta en leanburn motor med en oxiderande katalysator.

Diag. 6.2.1 Luftöverskott och emissioner vid förbränning av naturgas [11]



6.3 EGR

EGR, Exhaust Gas Recirculation innebär att man leder in ett delflöde av avgaserna till insugningsluften, och på detta vis sänks förbränningstemperaturen och kväveoxiderna reduceras. EGR är ett billigt och bra sätt att reducera NOx.

6.4 SCR

SCR, (Selective Catalytic Reduction) innebär att man reducerar NOx genom att låta det reagera med ett annat ämne. Vanligtvis tillsätter man ammoniak eller urea vilket sedan reducerar kväveoxiderna. SCR med ammoniak eller urea måste bevakas, så att utsläpp av dessa ämnen ej sker eftersom de är skadliga för miljö och människor. SCR användes normalt på större anläggningar där reningskraven är höga och den specifika kostnaden inte blir så stor.

6.5 NSCR

Non Selective Catalytic Reduction innebär vanligtvis en trestegs katalysator, vilken reducerar NOx, HC och CO. Reduceringsgraden är hög, men är beroende på driftbetingelserna. För att erhålla en hög reduceringsgrad måste drift ske vid $\lambda = 1$, annars minskas reduceringsgraden dramatiskt. En dåligt inställd leanburn motor släpper ut avsevärt mindre emissioner än en dåligt inställd motor med trestegs katalysator.

6.6 Emissioner med olika avgasrening

Reduceringsgraden för olika reningstekniker med olika gasmotorer visas i tab. 6.6.1 nedan. Emissionerna anges i mg/nm^3 .

Tab. 6.6.1 Reduceringsgrad med olika motorer och avgasreningar.[2]

Motortyp	Avgasrenings teknik	Funktion	Reduktion i % för typiska emissioner för resp. motor		
			NOx	CO	HC
Otto gasmotor med $\lambda = 1$	Ingen		7000	600	350
	3-stegs katalysator	Efterbränning NO CO HC	99%	95%	70%
Leanburn motor med tändstift	Ingen		500	600	550
	SCR	Reducerar NOx med NH ₃	90%	-	-
	EGR	Reducerar NOx	60%	-	-
	2-stegs katalysator	Efterbränning CO HC		95%	70%
Gasdiesel motor fyrtakts eller tvåtakts med pilotbränsleinsp.	Ingen		1550	660	150
	SCR	Reducerar NOx med NH ₃	90%	-	-
	2-stegs katalysator	Efterbränning CO HC	-	90%	80%
	EGR	Reducerar NOx	60%	-	-

6.7 Emissionskrav i Sverige

Tillstånd enligt miljöskyddslagen för små kraftvärmeanläggningar ges av länsstyrelserna, och de bestämmer även emissionsnivåerna. När länsstyrelsen bestämmer vilken emissionsnivå som skall gälla för en anläggning tittar de på liknade anläggningar i länet. Utifrån detta bestäms den tillåtna emissionsnivån på den nya anläggningen, vilket måste anses vara en otillräcklig metod, eftersom emissionsnivåerna på de befintliga anläggningarna kan vara höga. Länsstyrelsen i Malmöhus län har ingen renodlad naturgasbaserad småskalig kraftvärmeanläggning, det finns dock två anläggningar vilka drivs med en blandning av deponigas och naturgas. Den ena ligger i Malmö och den andra i Helsingborg. Emissionskraven på dessa redogörs i tab. 6.7.1.

Tab. 6.7.1 Emissionskrav på naturgas/deponigasanläggningar i Malmöhus län (mg/MJ)[5]

	HC	NO _x	CO
Malmö	150	180	320
Helsingborg	220	200	300

Emissionsnivåerna anges som mg/MJ tillfört bränsle. Generellt är länsstyrelsen i Malmöhus län positiva till naturgas i staden och dess närhet. Närmiljön påverkas försumbart av en naturgasanläggning, eller förbättrar den om man t.ex. konverterar ett kraftverk från olja till naturgas.

I Göteborg finns för närvarande den enda renodlade naturgaskraftvärmeanläggningen i drift. Anläggningen är ett försöksprojekt mellan Wärtsilä och Göteborgs Energi. Installerad effekt är på 1 MWe och 1,3 MWv. I Göteborg skall ytterligare ett par anläggningar tas i drift inom en snar framtid. Emissionskraven för från länsstyrelsen anges i tab. 6.7.2 .

Tab. 6.7.2 Emissionskrav för naturgas anläggningar i Göteborgs län(mg/MJ)[3]

	HC	NO _x	CO
Försöksanläggning	ej krav	100	ej krav
Anläggning till Pripps	ej krav	90	ej krav

Länsstyrelsen i Göteborg har endast krav på kväveoxiderna. Inom en snar framtid kommer dock krav på CO halten att träda i kraft. Anläggningen till Pripps förväntas klara NO_x kraven 50 mg/MJ om två år. Värdena i tab. 6.7.2 är preliminära, men kommer förmodligen att fastställas av länsstyrelsen. Vid en jämförelse mellan anläggningarna i tab. 6.7.1 och 6.7.2 framgår det att de tillåtna emissionerna från en renodlad naturgasanläggning är lägre än de tillåtna emissionerna från en deponigasanläggning.

6.8 Emissionskrav i Europa

Emissionskraven i Europa varierar kraftigt. De flesta länder vilka utnyttjar småskaliga naturgas kraftvärmeanläggningar har till skillnad från Sverige klara regler gällande emissionerna. I Danmark har emissionerna specificerade max gränser, och omfattar NO_x, CO och HC. Eftersom de danska kraven anges i mg/m³ är de ej direkt jämförbara med de svenska kraven i tab. 6.7.2. I tab. 6.8.1 visas emissionskraven i England och Danmark.

Tab 6.8.1 Emissionskrav i Danmark och England(mg/m³ 5% O₂ torr[2])

Land / Emission	HC	NO _x	CO	Sot
Danmark	-	650	650	-
England	-	470	1375	115

Eftersom många länder i Europa har olika krav, har detta medfört problem för tillverkare och köpare av kraftvärmeanläggningar i Europa. En gemensam standard för att underlätta handel, tekniska krav etc är därför önskvärd. I väntan på en gemensam EU standard har tyska standarden TA Luft blivit inofficiellt gemensam standard i Europa. I tab. 6.8.2 visas TA Luft kraven på emissioner, vilka mäts som g/kWhe i avgaserna och tillförd effekt som bränsle effekt.

Tab. 6.8.2 Emissionskrav TA Luft[12]

Emission	HC	NO _x	CO	Sot
TA Luft	-	1,4	1,8	0,1

7. SMÅSKALIG KRAFTVÄRMETEKNIK

7.1 Alfavärde, värme- och eleffekt, samt verkningsgrader

En kraftvärmeanläggnings prestanda anges vanligtvis med alfavärde, värmeeffekt, eleffekt, elverkningsgrad, värmeverkningsgrad och totalverkningsgrad. Eleffekten är generatorns effekt och värmeeffekt är kylvattnets och avgasernas effekt. Alfavärdet och de olika verkningsgraderna definieras nedan. Definitionerna nedan är angivna utan hänsyn till egenförbrukningen.

$$\text{Alfavärde} = P_{\text{el}} / P_{\text{värme}}$$

$$\text{Elverkningsgrad} = P_{\text{el}} / P_{\text{bränsle}}$$

$$\text{Värmeverkningsgrad} = P_{\text{värme}} / P_{\text{bränsle}}$$

$$\text{Totalverkningsgrad} = P_{\text{el}} + P_{\text{värme}} / P_{\text{bränsle}}$$

En kolvmotorkraftvärmeanläggning har ett högt alfavärde jämfört med andra typer av kraftvärmeanläggningar. Detta ger kolvmotorkraftvärmeanläggningarna en klar fördel, vid stora skillnader mellan el- och värmepris. Typiska elverkningsgrader och totalverkningsgrader för olika typer av anläggningar visas i tab. 7.1.1.

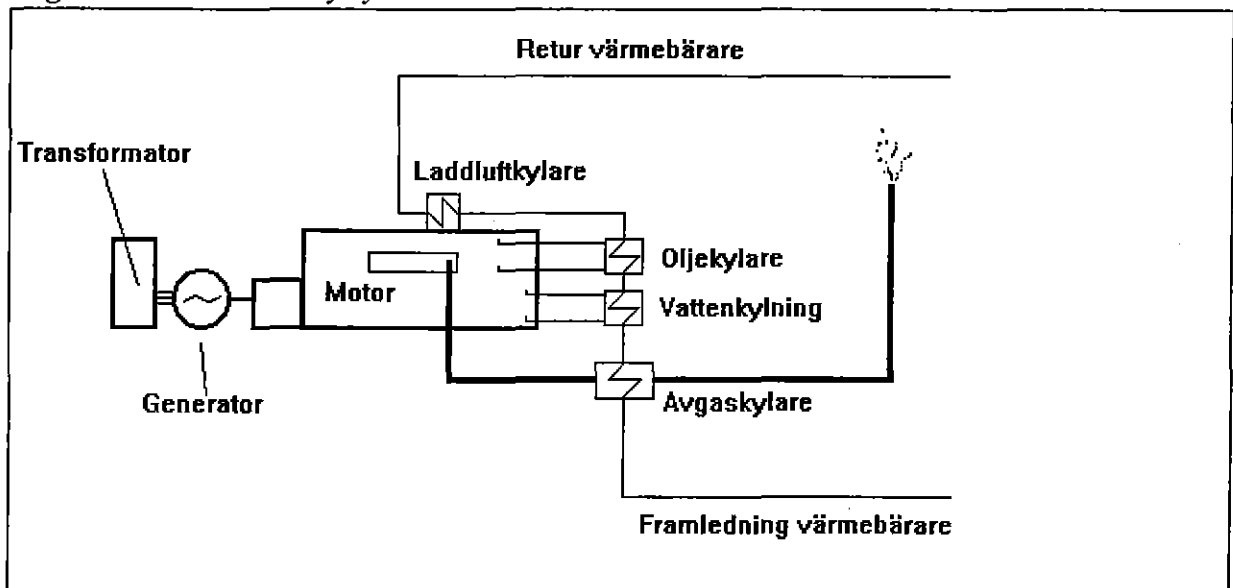
Tab. 7.1.1 Elverkningsgrad, totalverkningsgrad för olika typer av kraftvärmeanläggningar[1]

	Elverkningsgrad(%)	Totalverkningsgrad(%)
Kolvmotor kraftvärmeanläggning	35-40	80-90
Gasturbin kraftvärmeanläggning	20-25	80-90
Mottrycks kraftvärmeanläggning	7-20	75-85

7.2 Allmänt

En småskalig kraftvärmeanläggning består av en naturgasmotor, kylsystem och en generator. Motorn driver generatoren vilken alstrar elektricitet. Elektriciteten används till den egna förbrukningen, samt för extern försäljning. Motorn har ett antal kylsystem för att nå bästa prestanda med längsta livslängd. Motorerna har bl.a. kylning av motorblocket, smörjoljan och insugningsluften. Det varma kylvattnet tillsammans med avgasvärmen används till att värma upp vattnet för det egna nätet av radiatorer. En principskiss visas i fig. 7.2.1.

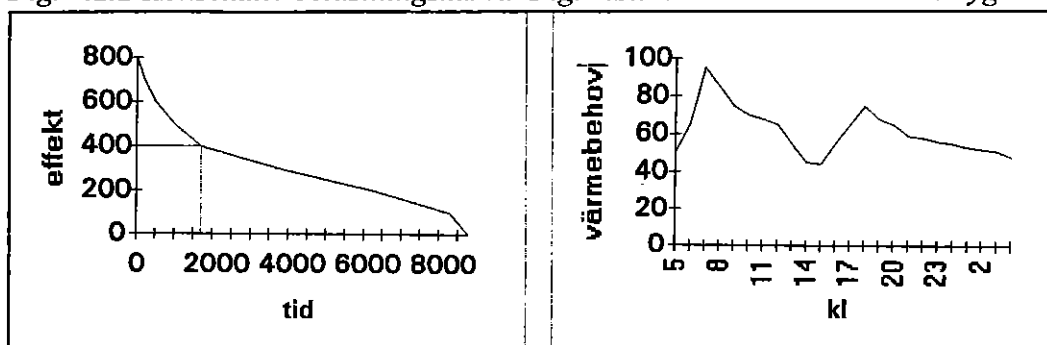
Figur 7.2.1 Motor och kylsystem



Genom att även utnyttja kylvattnet erhåller man en hög totalverkningsgrad för en kraftvärmeanläggning ofta 80-90 %. En anläggning styrs antingen efter värmelasten eller ellasten. Vanligast är att värmelasten styr anläggningen och det interna elbehovet regleras genom inköp och försäljning från den externa elmarknaden.

Värmebehovet har både kraftiga dygnsvariationer och årstidsvariationer. Värmebehovet är t.ex. ofta 10 gånger högre en kall vinterdag än en varm sommardag. Genom att sortera upp belastningarnas storlek erhålls en konsekutiv belastningskurva, se fig. 7.2.2. En sådan kurva visar att max belastning och strax där under endast uppkommer några få timmar på ett år. Detta får sina konsekvenser vid dimensionering av värmeanläggningen. En anläggning med max värmeeffekt på 400 kW kommer att täcka värmebehovet under ca 7150 h av årets 8670 h (se fig. 7.2.2), vilket innebär att kraftvärmeanläggningen klarar 82 % av det egna värmebehovet. Detta trots att kraftvärmeanläggningen endast klarar 50 % av max värmeeffekt. För att klara av värmeeffekttoppen måste anläggningen även ha någon form av extra värmeanläggning, vanligtvis en topplastpanna. Att dimensionera en anläggning efter max värmeeffekt skulle medföra en dyr och överdimensionerad kraftvärmeanläggning. Anläggningen skulle också få arbeta under dåliga driftförhållande en stor del av året, eftersom den bästa verkningsgraden erhålls i det övre effektområdet. Ofta dimensioneras anläggningen så att en drifttid på ca 4000-5000 h uppnås. Detta värde brukar vara en god tumregel [9]. I fig. 7.2.3 visas typiska dygnsvariationer av värmebehovet till fastigheter. De stora variationerna beror på att de flesta människor följer ungefär samma sociala mönster. De flesta stiger upp och duschar på morgonen, och kommer hem ungefär samtidigt från arbetet. För att klara dygnsvariationer utrustas ofta anläggningen med en ackumulatortank.

Fig. 7.2.2 Konsekutiv belastningskurva Fig. 7.2.3 Värmebehov under ett dygn



(1 år = 8760 h)

7.3 Ackumulatortank.

För att utjämna värmelastens dygnsvariationer används en ackumulatortank. Ackumulatortanken utgörs av en isolerad ståltank. Principen är att när värmebehovet är lågt så lagras överskottsvärme i tanken. När sedan värmebehovet överstiger vad anläggningen kan producera, utnyttjas den lagrade värmen i tanken genom att den tillför värme till nätet. En vanlig situation när det gäller värmebehovet för fastigheter är att värmeförbrukningen under natten är konstant, för att sedan öka avsevärt under morgonen då alla tvättar sig, se fig. 7.2.3. I en sådan situation behövs ofta en ackumulator för att täcka effekttoppen. En ackumulator förbättrar ekonomin för en kraftvärmeanläggning på flera sätt :

- Minskar behovet av topplastaggregat och anläggningens storlek, genom att värme kan lagras då värmebehovet är mindre än motorens värmeeffekt. Värmen kan sedan användas när värmebehovet överstiger motorens värmeeffekt.
- Ökar möjligheterna för driftstrategi. Anläggningen producerar el då eltaxan är högst, vanligtvis dagtid. Under natten utnyttjas värmen i ackumulatortanken medan motorn tas ur drift.

7.4 Topplastpanna

Kraftvärmeanläggningar vilka används till fastighetsuppvärmning och kraftproduktion, behöver ofta en topplastpanna för att täcka värmebehovet vintertid. Värmebehovet varierar kraftigt under ett år, se 7.2 samt fig. 7.2.3 . Pannan används även när kraftvärmeanläggningen är ur funktion.

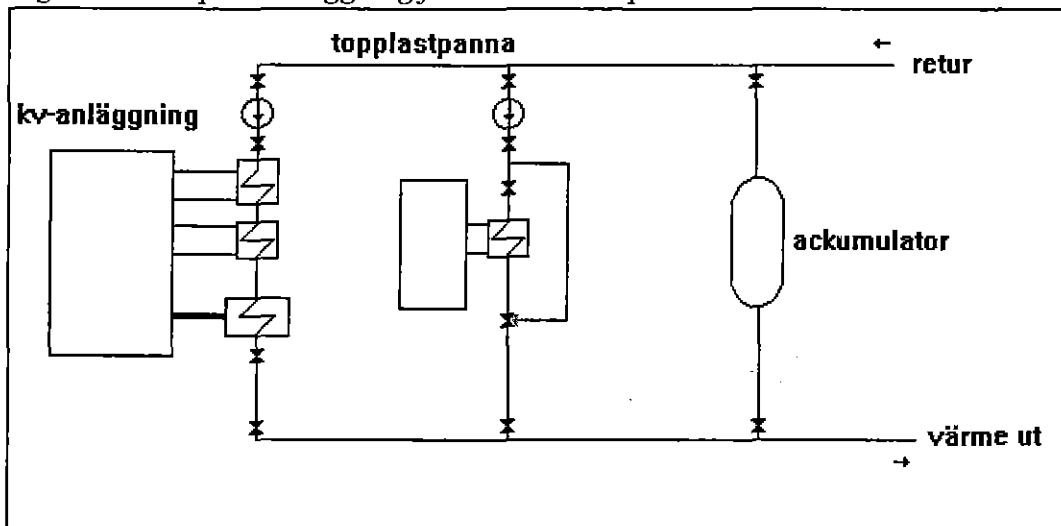
7.5 Konvektionskylare

Konvektionskylare användes om det är nödvändigt att producera el trots att värmebehovet är litet. I sådana situationer måste man kyla bort värmen med en reservkylare, i annat fall kommer motorn att överhettas. Konvektionskylaren medför att man kan dumpa värmen till luften. Finns det ett närbeläget vattendrag där man kan dumpa värmen så behövs ingen konvektionskylare.

7.6 Anläggning med topplastpanna och ackumulator

Fig. 7.6.1 visar hur en anläggning för uppvärmning är uppbyggd. Fig. 7.6.1 visar hur ackumulatören och topplastpannan är parallellkopplade med kraftvärmeanläggningen. Topplastpannan och ackumulatören förser vid behov den utgående ledningen med värme. Om kraftvärmeanläggningen stängs av för t.ex. översyn, kan värmeproduktionen fortgå med topplastpannan och ackumulatören.

Fig. 7.6.1 Kompletta anläggning för el och värmeproduktion



7.7 Småskalig anläggning vilken kopplas till fjärrvärmenätet

En småskalig kraftvärmeanläggning kan också kopplas in på ett större fjärrvärmenät. Normalt kopplas anläggningen in så att den tillför sin värme på returledningen. En småskalig kraftvärmeanläggning kan även kopplas in på områden långt ifrån de centrala produktionsenheterna, där anläggningen förser ofta nybyggda och expanderande områden med värme och el.

8. BERÄKNINGAR AV DRIFT OCH EKONOMI MED HJÄLP AV OPTIMERINGSPROGRAM.

För att underlätta beräkningar av storlek, drift och ekonomi för en småskalig kraftvärmeanläggning har det tagits fram olika datorprogram. Två program som finns på marknaden är KV BUDGET och KV DESIGN. Dessa är utvecklade i Danmark. Med KV BUDGET kan ekonomin beräknas på de flesta anläggningar, medan KV DESIGN är ett driftoptimeringsprogram.

8.1 KV BUDGET

Beräkningar av ekonomin för en småskalig kraftvärmeanläggning är svår att utföra, beroende på att ekonomin påverkas av en mängd faktorer, såsom bränslepriser, elpriser, bankränta, skatter, inflation, rabatter, underhållskostnader, tariffperioder, utnyttjande tid mm. KV BUDGET är ett datorprogram som gör det möjligt att jämföra olika alternativ och situationer. Datorprogrammet tar hänsyn till de flesta faktorer för en kraftvärmeanläggning och sammanställer resultatet snabbt på ett begripligt sätt. Vidare är det lätt att jämföra olika alternativ och på så sätt underlätta investeringsbeslut.

8.2 KV DESIGN

Att beräkna en anläggnings storlek samt optimera den med avseende på värmeproduktion och elproduktion är möjligt i KV DESIGN. Detta datorprogram tar hänsyn till de flesta faktorer som påverkar driften av en anläggning. Faktorer vilka är möjliga att simulera i detta datorprogram är: anläggningens storlek, värmelast, elproduktion, klimatförhållanden, variationer i värmebehovet mm. Resultat sammanställs både skriftligt och grafiskt med detta program.

8.3 Kävlinge kommunala bostads AB

Sydgas planerar att uppföra en testanläggning för småskalig kraftvärme i Kävlinge. Anläggningen skall försörja ett bostadsområde i Kävlinge med värme och samtidigt producera el. Bostadsområdet har idag en panncentral, vilken förser området med värme. Pannan behålls som topplastpanna.

På Kävlinge anläggningen utfördes beräkningar på drift och ekonomi med olika indata. Beräkningarna utfördes med hjälp av KV BUDGET(fall 8.3.1-8.3.8) och KV DESIGN(fall 8.3.10). Indata till de olika fallen redovisas i 8.3.1-8.3.8, 8.3.10, i bilaga A visas resultatet från datorberäkningarna.

Under 8.3.9 redovisas en sammanfattning av resultatet från fall 8.3.1-8.3.8.

Fig. 8.3.1 Grundförutsättningar för Kävlinge-anläggningen

Bostadsområde		Kraftvärmeanläggning	
Värmebehov:	6800 MWh/år	Eleffekt	736 kW
Elbehov:	60612 kWh/år	Värmeeffekt	894 kW
		Bränsleeffekt	1827 kW
		Elverkningsgrad	0,4
		Värmeverkningsgrad	0,49
		Total verkningsgrad	0,89
		Akkumulatortank	100 m ³
		Temp. ut/in	85/65 °C
Topplastpanna		Ekonomi	
Värmeeffekt	3500 kW	Kostnad KV-anläggning	3000000 kr
Årsverkningsgrad	0,85	Drift o underhåll	6 öre/kWh el
		Inflation	3 %
Övrigt			
Kraftvärmeanläggningen säljer överskottsvärmen till fjärrvärmenätet och har således kontinuerligt i drift.			
Priset för kraftvärmeanläggningen avser anläggning färdig för drift. Verkningsgraderna antas konstanta oavsett last.			
Kraftvärmeanläggningen är ansluten till 0,4 kV nätet.			
Produktionen prioriteras efter eltariffer.			
Investeringsbedömningen sträcker sig över 15 år.			
Elpriserna är utan moms, men med nätavgift. Elbehov och värmebehov varierar ej år till år.			

8.3.1 LÖNSAMHETSBEDÖMNING AV EN ANLÄGGNING IDAG

Naturgas vilken användes till värmeproduktionen	kostnad	29 öre/kWh $\Leftrightarrow$ 3,13 kr/Nm ³
Naturgas vilken användes till elproduktion	kostnad	20 öre/kWh $\Leftrightarrow$ 2,16 kr/Nm ³
(Naturgas vilken användes till elproduktion är skattebefriad)		
El vilken säljs till elnätet, enligt EKOVISAM 1996.		
elpris höglast 39,04 öre/kWh		
elpris låglast 24,68 öre /kWh		
fast avgift 7100 kr/år		
Real prisutveckling för elpriset		
prisutveck. +0 %		
Tariffperioder		
Höglast	nov-mar, mån-fr kl 06-22	
El vilken köps från nätet		
elpris	50 öre/kWh	
Värmen värderas till 330 kr/MWh		
Banklån		
löptid	10 år	
ränta	10 %	
lån	3000 000 kr	

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under "fall 8.3.1 nuvarande energipriser". I fall 8.3.1 visas även beräkningsförutsättningarna i bilaga A.

Resultatet i bilaga A visar att med dagens energipriser går det ej att nå lönsamhet. Investeringen har i detta fall ett nuvärde på -2 212 638 kr.

8.3.2 LÖNSAMHETSBEDÖMNING MED ETT HÖGRE ELPRIS.

Elpriset stiger med 5 öre/kWh
elpris höglast 44,04 öre/kWh
elpris låglast 29,68 öre /kWh

Övriga parametrar som i 8.3.1

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under "fall 8.3.2 elpriset stiger 5 öre/kWh".

Med en ökning av elpriset förbättras resultatet och man får ett nuvärde på -597 819 kr. Lönsamhet under beräkningsperioden är således ej uppnådd. Efter 8,9 år är anläggningen avbetald se bilaga A. Om anläggningen har en teknisk livslängd som väsentligt överskrider 15 år, kommer den alltså att bli en god investering. Nuvärdes kurvan i fall 8.3.2 sid 4 har fall 8.3.1 inlagd som referens. I detta diagram kan man se att fall 8.3.2 har ett väsentligt bättre resultat än fall 8.3.1.

8.3.3 LÖNSAMHETSBEDÖMNING MED ETT HÖGRE ELPRIS.

Elpriset stiger med 10 öre/kWh
elpris höglast 49,04 öre/kWh
elpris låglast 34,68 öre /kWh
Övriga parametrar som i 8.3.1

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under ”fall 8.3.3 elpriset stiger med 10 öre/kWh”.

Med en elprisökning på 10 öre/kWh erhåller man ett nuvärde på 1 017 000 kr. Anläggningen är med detta elpris en god investering.

Nuvärdes kurvan i fall 8.3.3 sid 4 har fall 8.3.1 inlagd som referens. En höjning av elpriset med 10 öre/kWh förbättrar resultatet med 3 miljoner kr, jämfört med fall 8.3.1.

8.3.4 LÖNSAMHETSBEDÖMNING MED ETT LÄGRE NATURGASPRIS.

Naturgaspriset sjunker med 3 öre/kWh
Övriga parametrar som i 8.3.1

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under ”fall 8.3.4 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh”.

Ett naturgaspris som är 3 öre/kWh lägre än dagens pris medför att anläggningen blir lönsam. Denna kalkyl erhåller ett nuvärde på 681 731 kr. Nuvärdes kurvan i fall 8.3.4 sid 4 har fall 8.3.1 inlagd som referens.

8.3.5 LÖNSAMHETSBEDÖMNING MED ETT LÄGRE NATURGASPRIS OCH HÖGRE ELPRIS

Naturgaspriset sjunker med 3 öre/kWh
Elpriset stiger med 5 öre/kWh
elpris höglast 44,04 öre/kWh
elpris låglast 29,68 öre /kWh

Övriga parametrar som i 8.3.1

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under ”fall 8.3.5 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh”.

Ett naturgaspris som är 3 öre/kWh lägre än dagens pris och ett högre elpris medför att anläggningen erhåller ett nuvärde på 2 296 550 kr. Anläggningen är en god investering under dessa förhållanden. Nuvärdes kurvan i fall 8.3.5 sid 4 har fall 8.3.1 inlagd som referens.

8.3.6 LÖNSAMHETSBEDÖMNING MED ETT HÖGRE VÄRMEPRIS.

Värmepriset stiger till 380 kr/MWh

Övriga parametrar som i 8.3.1

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under ”fall 8.3.6 värmepris ökar 5 öre/kWh”.

En värmepris ökning med 5 öre/kWh medför att anläggningen får ett nuvärde på 516 827 kr. Anläggningen är lönsam och har ungefär samma resultat som fall 8.3.4. Nuvärdes kurvan i fall 8.3.6 sid 4 har fall 8.3.1 inlagd som referens.

8.3.7 LÖNSAMHETSBEDÖMNING MED HÖGRE VÄRMEPRIS OCH HÖGRE ELPRIS

Värmepriset stiger med 5 öre/kWh till 38 öre/kWh.

Elpriset stiger med 5 öre/kWh

elpris höglast 44,04 öre/kWh

elpris låglast 29,68 öre /kWh

Övriga parametrar som i 8.3.1

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under ”fall 8.3.7 värmepris ökar med 5 öre/kWh”.

Denna anläggning når god lönsamhet med ett nuvärde på 2 131 647 kr.

Nuvärdes kurvan i fall 8.3.7 sid 4 har fall 8.3.1 inlagd som referens.

8.3.8 LÖNSAMHETSBEDÖMNING MED ETT ÖKANDE ELPRIS

Elpriset är detsamma som i fall 8.3.1, men ökar 1% Realt.

Övriga parametrar som i 8.3.1

Beräkningsresultatet visas i bilaga A under ”fall 8.3.8 elpris ökar 1 % Realt”.

En elprisutveckling som i detta fall är ej tillräcklig för att nå lönsamhet. Anläggningen har dock ett nuvärde som är 500 000 kr bättre än fall 8.3.1.

Nuvärdes kurvan i fall 8.3.8 sid 4 har fall 8.3.1 inlagd som referens.

8.3.9 SAMMANFATTNING AV RESULTATET FRÅN 8.3.1-8.3.8

Analyserna 8.3.1-8.3.8 visar att en anläggnings lönsamhet är starkt beroende av tre faktorer, nämligen: elpris, naturgaspris och värmepris.

Naturgaspris och värmepris påverkar med små prisförändringar resultatet kraftigt.

Värmepriset är i detta fall bestämt av fjärrvärmepriset i Kävlinge. Fjärrvärmepriset kommer förmodligen inte att stiga mer än marginellt i framtiden, vilket medför låga eller inga värmeprisökningar.

Naturgaspriset kommer förmodligen att vara konstant den närmaste framtiden.

Elpriset kommer förmodligen att stiga inom en snar framtid och gör analyserna 8.3.2-8.3.3 intressanta. En elpris ökning på 5-10 öre/kWh medför att denna typ av anläggning blir konkurrenskraftig. Lönsamheten är också beroende på drifttiden, d.v.s. att en anläggning med en hög utnyttjandegrad producerar också mycket el och värme.

8.3.10 OPTIMERING AV DRIFT MED HJÄLP AV KV DESIGN

Med hjälp av KV DESIGN kan man få ut ett varaktighetsdiagram samt övriga driftdata under en period. I bilaga A under "fall 8.3.10" redovisas en del typiska utskrifter från detta program. Invärdena till beräkningarna är samma som i fall 8.3.1, samt att utetemperaturen för olika månader gäller Lund. Utetemperaturen i Lund är ungefär desamma som Kävlinge.

9. FABRIKAT PÅ DEN SVENSKA MARKNADEN

I Sverige finns det ett antal leverantörer/tillverkare av olika fabrikat. Tekniska data över dessa anläggningar redovisas i bilaga A, baserad på information från respektive leverantör.

Prestanda för de olika motorerna är angivna under varierande drift förhållanden, vilket medför att det är svårt att jämföra olika anläggningar.

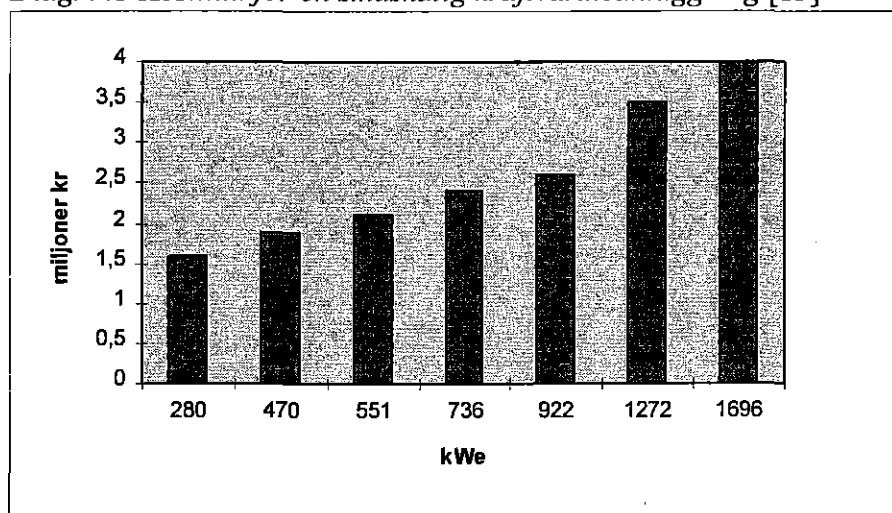
Kraftvärmeanläggningar i effektområdet 100-1500 kW el finns hos de flesta. Anläggningar upp till 5,5 MW el har inte alla tillverkare, de finns dock hos ett flertal.

De flesta motorerna är leanburnmotorer, vilka ger låga emissionerna vid drift.

9.1 Kostnader för en småskalig kraftvärmeanläggning

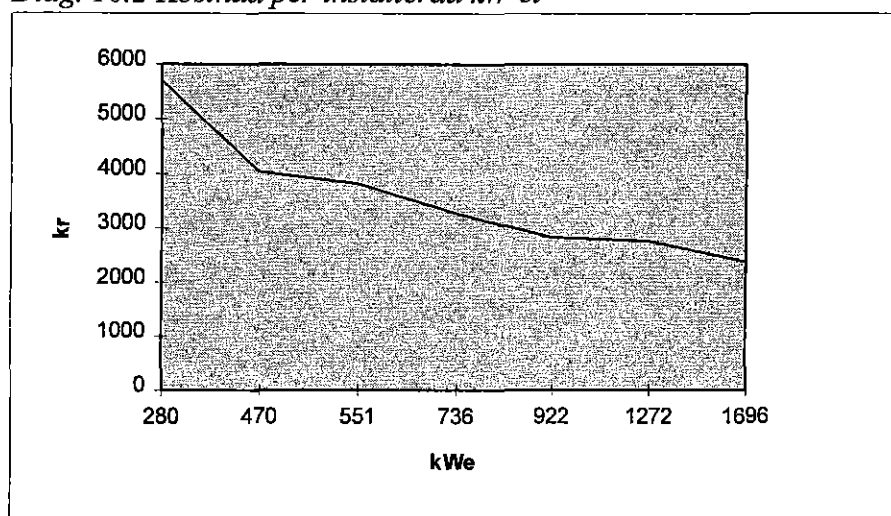
Kostnaden för en anläggning kan beräknas på många olika sätt. Med en anläggning menas i denna rapport en komplett anläggning klar för drift, dock ingår ej kostnader för byggnader och rörsystem utanför själva kraftvärmeenheten, d.v.s. en anläggning vilken kan anslutas till ett befintligt system. Kostnaden varierar med anläggningens storlek, d.v.s. större anläggningar är dyrare, se diag. 9.1.

Diag. 9.1 Kostnad för en småskalig kraftvärmeanläggning [13]



I diag. 10.2 visas hur kostnaden per installerad kW el minskar med större anläggningar. Den specifika kostnaden minskar alltså med större anläggningar.

Diag. 10.2 Kostnad per installerad kW el



I en småskalig kraftvärmeanläggning ingår en mängd olika komponenter, varav motor och generator är de mest kostnadskrävande. Kostnaderna för motor och generator i en sådan anläggning visas i fig. 9.1.1.

Fig. 9.1.1 Kostnadsfördelning på motor och generator i en kraftvärmeanläggning.[11]

Kostnadsdel av den totala anläggningen för anläggningar upp till 5 MW	
Motor	35- 40 %
Generator	6-10 %

9.1.2 Verkningsgrader i en kraftvärmeanläggning

I tab 9.1.2 visas de olika verkningsgraderna för olika anläggningar. Ur denna tabell går det att utläsa att större anläggningar har bättre elverkningsgrad. Elverkningsgraden minskar vid dellaster, vilket är viktigt att beakta vid motorval. En anläggning som är överdimensionerad får dåliga driftbetingelser, eftersom den kommer att få mycket drift med låga laster.

Tab 9.4.2 Verkningsgrader för olika leanburn motorer vid olika laster[11]

Effekt/Last	100 %	50 %
1 MW el		
Elverkningsgrad(%)	33,8	29,6
Värmeverkningsgrad(%)	50,8	53
Totalverkningsgrad(%)	84,7	82,6
2,8 MW el		
Elverkningsgrad(%)	40	36
Värmeverkningsgrad(%)	51,1	51,5
Totalverkningsgrad(%)	91,1	87,5
5,5 MW el		
Elverkningsgrad(%)	41,6	38,2
Värmeverkningsgrad(%)	48,2	49,3
Totalverkningsgrad(%)	89,6	87,5

10. SLUTSATSER

Småskaliga naturgasbaserade kraftvärmeanläggningar har funnits länge och ingår sedan lång tid i andra länders energiförsörjning. Således har tekniken i anläggningarna en lång utvecklings- och provtid bakom sig, vilket medfört att tekniken är väl utvecklad.

Anläggningstypen har en rad fördelar, t.ex. hög totalverkningsgrad, hög elverkningsgrad, förhållandevis låga emissioner, respektive hög driftsäkerhet. Detta är attraktiva egenskaper som gjort att den har etablerat sig i många länder.

Olika länder har dock olika förutsättningar när det gäller energiförsörjningen. I de länder där anläggningarna finns är elpriset högt och naturgaspriset lågt. Detta är grundförutsättningarna för att nå god lönsamhet med småskalig naturgasbaserad kraftvärme.

I Sverige är dessa anläggningar olönsamma, men kan i vissa fall nå lönsamhet relativt snart, eftersom Sveriges låga elpris förväntas att stiga kraftigt fram till år 2000-2010. Anläggningar vilka har en hög utnyttjningsgrad, är de som först kommer att nå lönsamhet.

Energifrågan är ett område som genomsyras av tekniska, ekonomisk och politiska faktorer. Under arbetets gång har jag jämfört en uppsjö av olika data och funnit att det är svårt att finna ett komplett ramverk, som tar hänsyn till alla dessa faktorer. Det är som tidigare nämnts många faktorer som spelar in vid lönsamhetsbedömning. Min rapport handlar till stor del om att avgöra om en viss typ av småskalig kraftvärmeanläggning är lönsam. Lönsamheten hos en kraftvärmeanläggning är lätt att kartlägga ur ett rent tekniskt perspektiv, men då dessa data integreras med ekonomiska och politiska faktorer blir lönsamheten svår att fastställa, d.v.s. att förutsäga ekonomi och politik är svårt. Under punkt 8 är ekonomiska känslighetsanalyser på anläggningen i Kävlinge utförda. Slutsatsen från punkt 8 är att en elprisökning med 5-10 öre/kWh gör denna anläggning konkurrenskraftig. En elprisökning med 5-10 öre/kWh kommer förmodligen att göra en del av dessa anläggningar konkurrenskraftiga. Det gäller anläggningar som drivs under förutsättning att man får betalt för värmen året runt. Finansiering kan ske genom att man säljer värmen till ett fjärrvärmenät. Ett krav för lönsamhet är således kontinuerlig drift där man får betalt för el och värme året runt. Denna rapport ger sålunda inga klara riktlinjer för kraftvärmeanläggningars vara eller icke vara, men ger indikationer på vad som är lönsamt och icke lönsamt under olika tidpunkter och dess skiftande förutsättningar.

11. REFERENSER

1. Graham Major, *Larning from experiences with Small-scale Cogeneration*, CENTER FOR THE ANALYSIS AND DISSEMINATION OF DEMONSTRATED ENERGY TECHNOLOGIES CADDET ANALYSIS SUPPORT UNIT 1995, ISBN 90-72647-22-X.
2. Laursen Allan, *Emissionsforhold og forureningsreducerende teknikker for gasmotor och turbinanlaeg*, tekniskt note nr 3 juli 1995, Dansk Gastekniskt Center, ISSN 0905-7625.
3. *Samtal med Karin Bjälke*, Göteborgs Energi, Augusti 1996.
4. *Samtal med Björn Carlsson*, Göteborgs Energi, Augusti 1996.
5. *Samtal med Anders Åkesson*, Länsstyrelsen i Malmöhuslän, Juli 1996.
6. *Samtal med Alvin Paul*, Miljönämnden i Malmö, Juli 1996.
7. Eklund Mats, Egnell Rolf, Gabrielsson Rolf, *Naturgas som kolvmotorbränsle*, STU.
8. *Samtal med Rune Eriksson*, Sydkraft Elförsäljning AB, Industrimarknad, Sep. 1996
9. Ekeborg, Tove& Danelius, John, *Inkopplingsprinciper för gasdrivna kolvmotorer i kraftvärmeapplikationer*. FUD 1990 Vattenfall, ISSN 1100-5130
10. Avarez H, *Energiteknik del 1 & 2*, ISBN 91-44-31481-7
11. *Samtal med Lars Olsson* , Sydgas, Sep. 1996
12. Information från *WÄRTSILÄ DIESEL AB i Trollhättan*.
13. Information från *IGF Energiteknik i Stockholm*
14. Information från *Malte Månsson i Skänninge*

BILAGA A

Energi- og	SYDGAS AB, Region Norr	Dato: 27/11/96
Miljødata's	Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp	Tid : 19:18
KVBUDGET	Tlf. 042-565 50	Side: 1
Vers.: 2.76 Sep 96	Fax. 042-546 90	Ref.: Mats

Fall 8.3.1 nuvarande energipriser

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

B E R E G N I N G S F O R U D S Æ T N I N G E R :

Planperioden strækker sig over 15 år fra 01/01/1997 til 31/12/2011

E N E R G I O M S Æ T N I N G

VARMEGRUNDLAG:

	Behov
	(MWh)
1997	6.800

Samme varmegrundlag i alle regnskabsår.
70 % af den samlede varmeproduktion er graddøgnsafhængig.

BRÆNDSLER:

Naturgas : 11.0000 kWh/Nm3

ENERGIANLÆG:

Navn	:	Jenbach JMS 316 GS
Type	:	KV-Enhed
Størrelse	:	1827 kW-indfyret
Brændsel	:	Naturgas
Elvirkningsgrad	:	40.30 %
Varmevirkningsgrad	:	48.90 %
Totalvirkningsgrad	:	89.20 %
Udedøgn, hverdage	:	76
Udedøgn, weekend	:	30

Er i drift i hele planperioden.

Navn	:	Panna
Type	:	KV-Enhed
Størrelse	:	3500 kW-indfyret
Brændsel	:	Naturgas
Elvirkningsgrad	:	0.00 %
Varmevirkningsgrad	:	85.00 %
Totalvirkningsgrad	:	85.00 %
Udedøgn, hverdage	:	0
Udedøgn, weekend	:	0

Er i drift fra 01/01/1980

Energi- og Miljødata's KVBUDGET Vers.: 2.76 Sep 96	SYDGAS AB, Region Norr Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp Tlf. 042-565 50 Fax. 042-546 90	Dato: 27/11/96 Tid : 19:18 Side: 2 Ref.: Mats
---	---	--

Fall 8.3.1 nuvarande energipriser

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

TARIFPERIODER : Ekovisam

Antal helligdage på hverdage :

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	I alt
1	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	2	9

Höglast : 1680 timer/år

Låglast : 7080 timer/år

STYRINGSSTRATEGI

	Höglast	Låglast
Anlæg		
1 :	1	1
2 :	2	2

ØKONOMISKE FORUDSÆTNINGER

INFLATION

1997 3,0 %

Konstant alle årene.

Ved beregning af nuværdi anvendes en realrente på : 10.0 %

INDTÆGTER

FORBRUGSAFGIFTER :

Antal solgte varmeanheder :

MWh

1997 6.800

Samme antal solgte varmeanheder i alle regnskabsår.

Varmeanhedspriser er indtastet.

Varmepriser :

MWh

(kr)

1997 330

Voksende årligt med inflationen.

Energi- og Miljødata's KVBUDGET Vers.: 2.76 Sep 96	SYDGAS AB, Region Norr Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp Tlf. 042-565 50 Fax. 042-546 90	Dato: 27/11/96 Tid : 19:18 Side: 3 Ref.: Mats
---	---	--

Fall 8.3.1 nuvarande energipriser

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

ELPRISER : gælder for regnskabsåret 1997

		Pris (kr/kWh)	Merinfl. (%)
ELSALG til elforsyningsselskab :			
	Höglast	: 0.3904	0.0
	Låglast	: 0.2468	0.0
Fast årlig betaling til elforsyningsselskab:			
Nätägaren	: 7100.00 kr		0.0

Betalinger for el opskrives årligt med inflation + merinflation

BRÆNDELSPRISER : gælder for regnskabsåret 1997

Sydgas AB

Brændselstype : Naturgas
Merinflation : 0.0 %

Brændsel til El- og Varmeproduktion opdeles på følgende måde : *)
Brændsel anvendt til Elproduktion = $Q - V / 0,965$.

Til varmeproduktion

De første Nm3/År : 3.1300 kr/Nm3

Til elproduktion

De første Nm3/År : 2.1600 kr/Nm3

Brændselspriser opskrives årligt med inflation + merinflation

Rabatter opskrives IKKE.

*)

Q er K/V-enhedens forbrug af brændsel.

V er K/V-enhedens varmeproduktion omregnet til brændselsmængde ved at dividere varmeproduktionen med brændslets nedre brændværdi.

E er K/V-enhedens elproduktion omregnet til brændselsmængde ved at dividere elproduktionen med brændslets nedre brændværdi.

DRIFT OG VEDLIGEHOLD :

Jenbach JMS 316 GS	0,0600 kr/kWh-el
Panna	10.000 kr

Drift- og vedligeholdelsesudgifter opskrives årligt med inflationen.

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato: 27/11/96

Tid : 17:56

Side: 1

Ref.: Mats

Fall 8.3.1 nuvarande energipriser

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtlige ind- og udbetalinger har en nuværdi på : -2.212.638 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

	Likviditet	Egenkapital + Henlæggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.901.921	2.948.079
1998	-2.800.900	2.399.100
1999	-2.696.848	1.853.152
2000	-2.589.674	1.310.326
2001	-2.479.285	770.715
2002	-2.365.585	234.415
2003	-2.248.474	-298.474
2004	-2.127.849	-827.849
2005	-2.003.605	-1.353.605
2006	-1.875.635	-1.875.635
2007	-1.743.825	-1.743.825
2008	-1.608.060	-1.608.060
2009	-1.468.223	-1.468.223
2010	-1.324.191	-1.324.191
2011	-1.175.838	-1.175.838

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :17:56
Side :2
Ref. :Mats

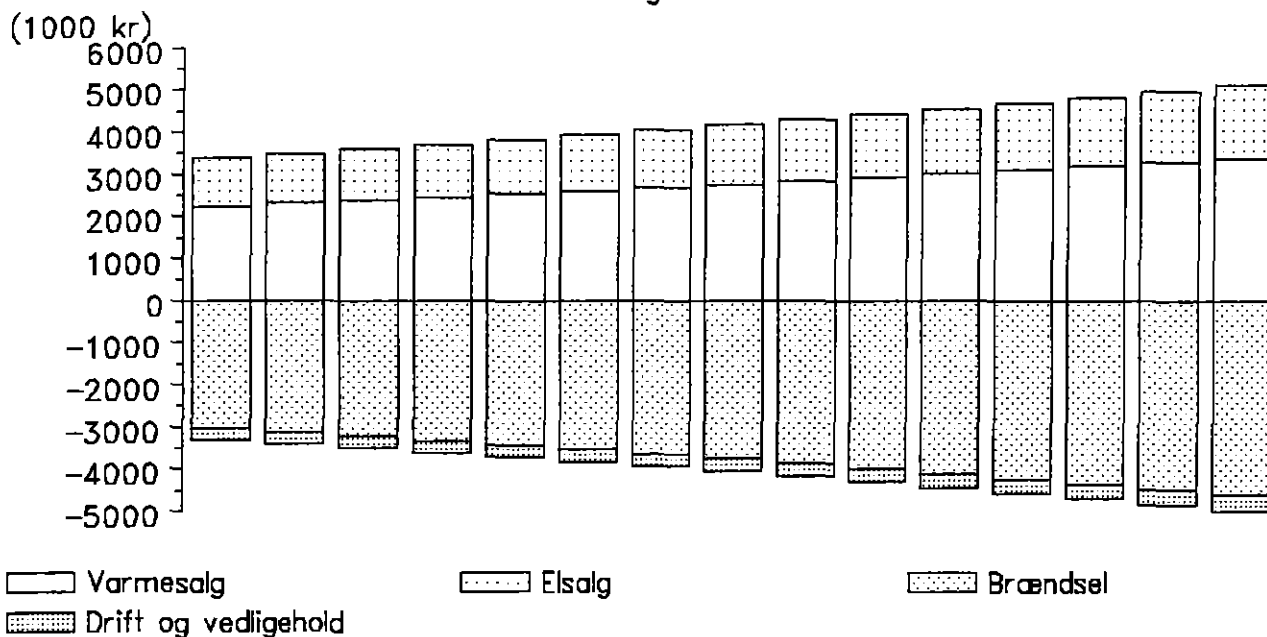
Fall 8.3.1 nuvarande energipriser

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

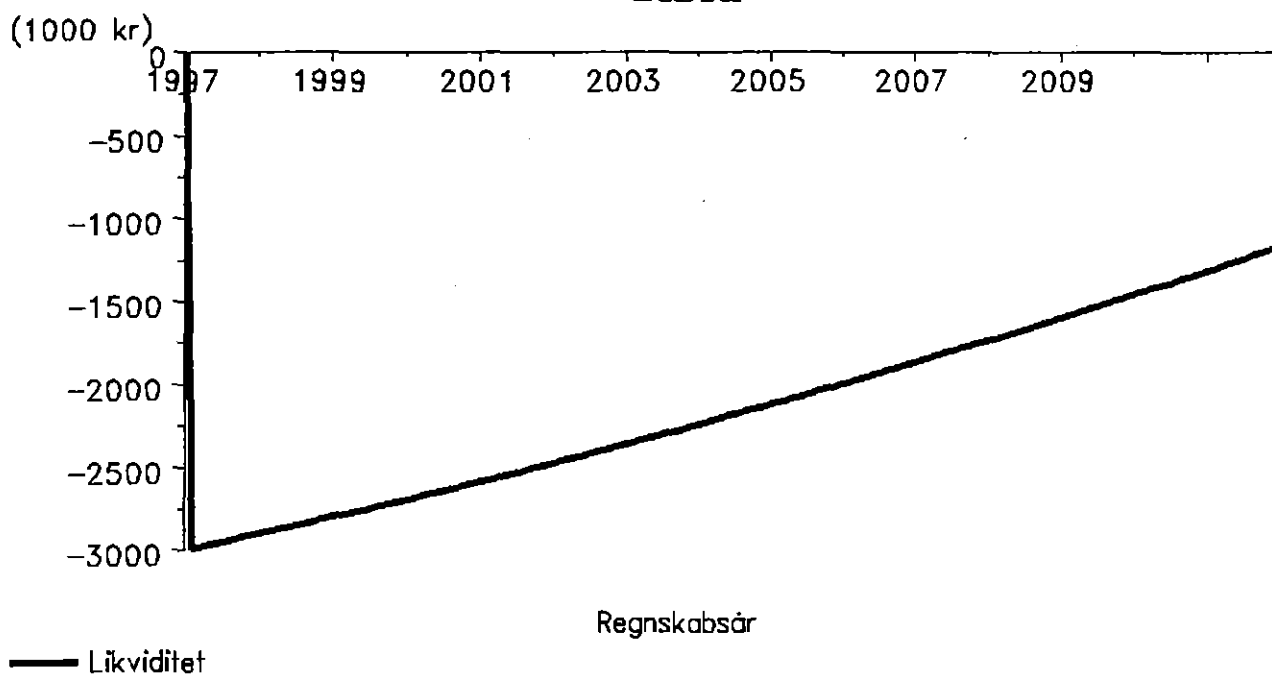
Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

Fall 8.3.1 dagens energipriser

Påvirkning af likviditet



Gæld



Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :17:56
Side :3
Ref. :Mats

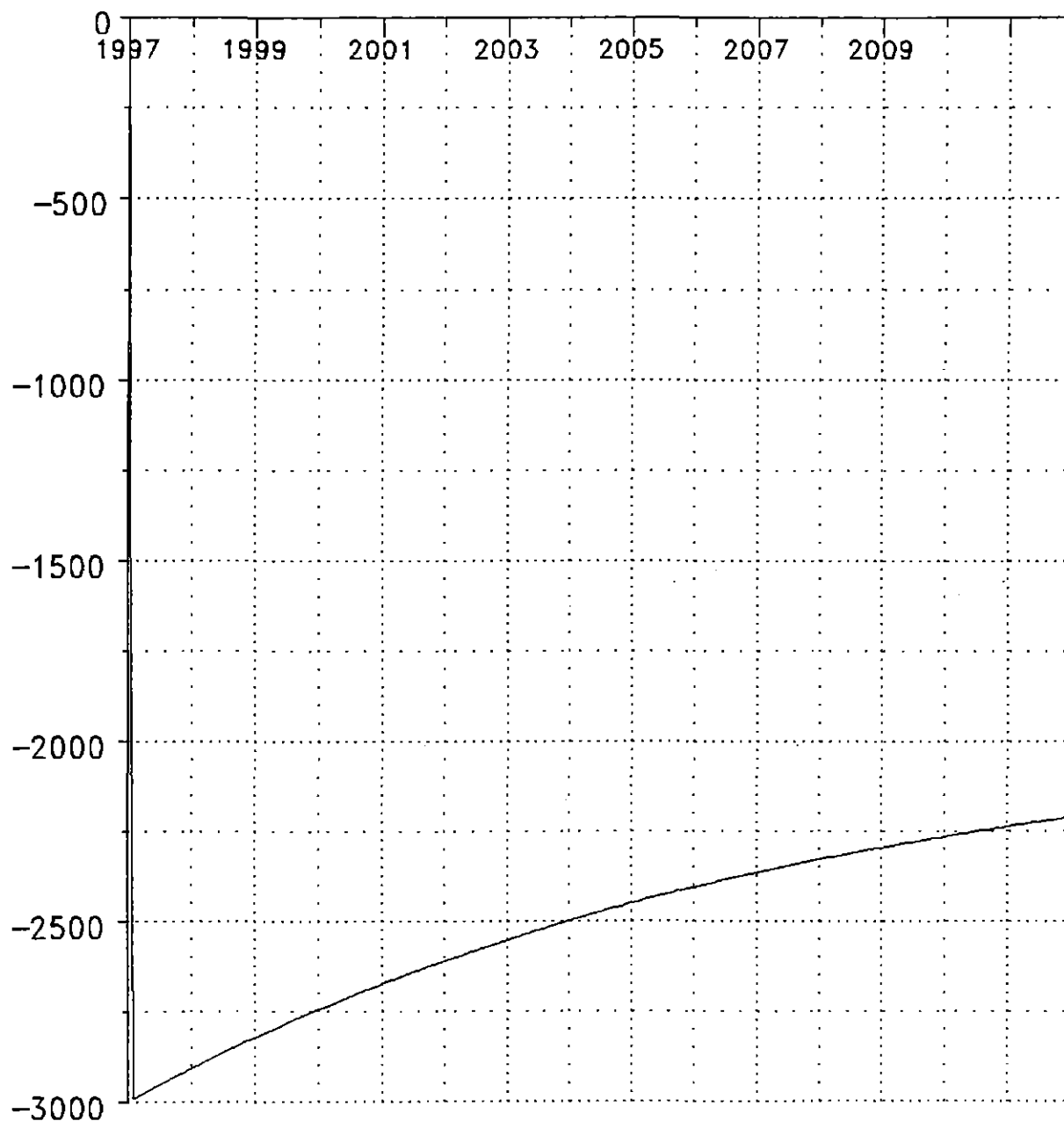
Fall 8.3.1 nuvarande energipriser

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

Energi- og Miljødata's KVBUDGET Vers.: 2.76 Sep 96	SYDGAS AB, Region Norr Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp Tlf. 042-565 50 Fax. 042-546 90	Dato: 27/11/96 Tid : 19:18 Side: 4 Ref.: Mats
---	---	--

Fall 8.3.1 nuvarande energipriser

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

INVESTERINGER:

	Betalt	Pris (kr)	Beløb fra henl.konto (kr)
Jenbach JMS 316 GS	: 01/01/1997	3.000.000	0

INVESTERINGERS AFSKRIVNINGER :

Jenbach JMS 316 GS : Lineær 10,0 år

FINANSIERING :

Sydgas

Låntype : Banklån
Afdragsform : Annuitet
Årlig rentefod : 0.00 %
Terminer pr år : 4

Lånetidspunkt : 01/1997
Løbetid : 10 år 0 måneder
Oprettelseskurs: 100.00
Hovedstol : 0 kr
Kursvardi : 0 kr
Afdrages normalt

Kurstab afskrives over år

Likvidbeholdning, årlig forrentning : 0.00 % ved positivt beløb
: 0.00 % ved negativt beløb

ÅBNINGSBALANCE :

ANLÆGSAKTIVER:

Energianlæg
Øvrige anlægsaktiver

3500000 kr
0 kr

EGENKAPITAL:

Grundkapital 3500000 kr
Overført resultat 0 kr

HENLÆGGELSER:

0 kr

OMSÆTNINGSAKTIVER:

Varelager
Likvidbeholdning
Øvrige omsætningsaktiver

0 kr
0 kr
0 kr

GÆLD:

Restgæld på lån 0 kr
Anden gæld 0 kr

AKTIVER IALT

3500000 kr

PASSIVER I ALT

3500000 kr

Energi- og	SYDGAS AB, Region Norr	Dato: 27/11/96
Miljødata's	Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp	Tid : 18:07
KVBUDGET	Tlf. 042-565 50	Side: 1
Vers.: 2.76 Sep 96	Fax. 042-546 90	Ref.: Mats

Fall 8.3.2 elpriset stiger 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtliga ind- og udbetalinger har en nuværdi på : -597.819 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

	Likviditet	Egenkapital + Henlæggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.700.769	3.149.231
1998	-2.392.560	2.807.440
1999	-2.075.106	2.474.894
2000	-1.748.128	2.151.872
2001	-1.411.340	1.838.660
2002	-1.064.449	1.535.551
2003	-707.151	1.242.849
2004	-339.134	960.866
2005	39.923	689.923
2006	430.352	430.352
2007	832.494	832.494
2008	1.246.700	1.246.700
2009	1.673.333	1.673.333
2010	2.112.764	2.112.764
2011	2.565.378	2.565.378

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :18:07
Side :2
Ref. :Mats

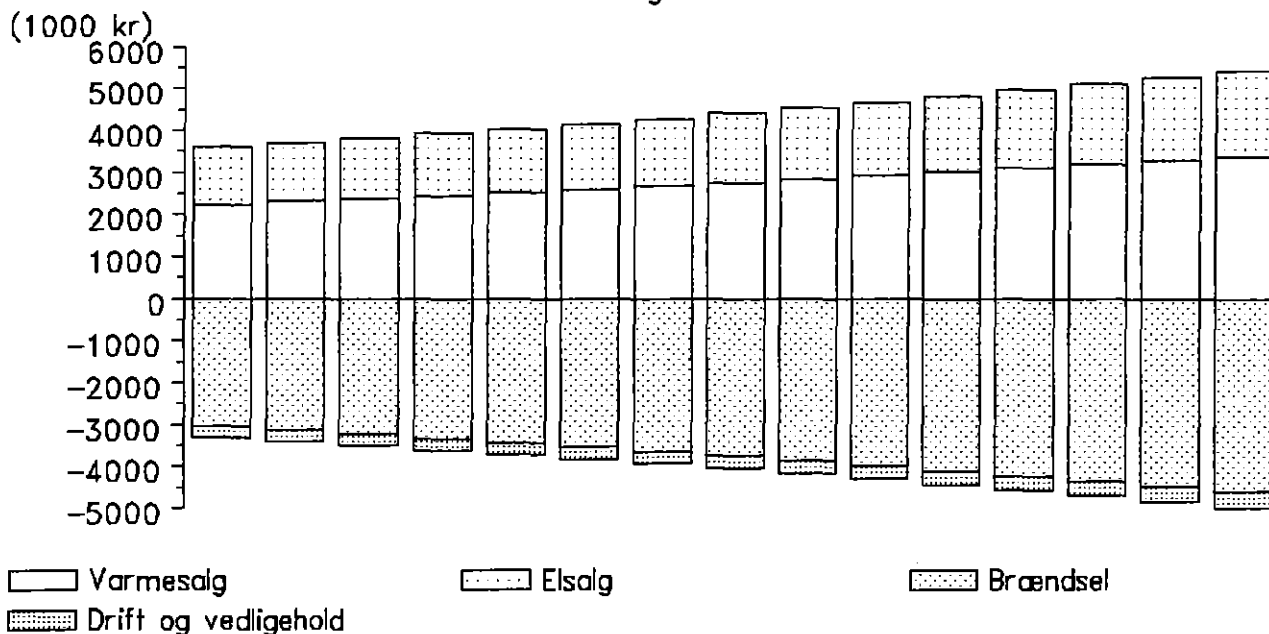
Fall 8.3.2 elpriset stiger 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

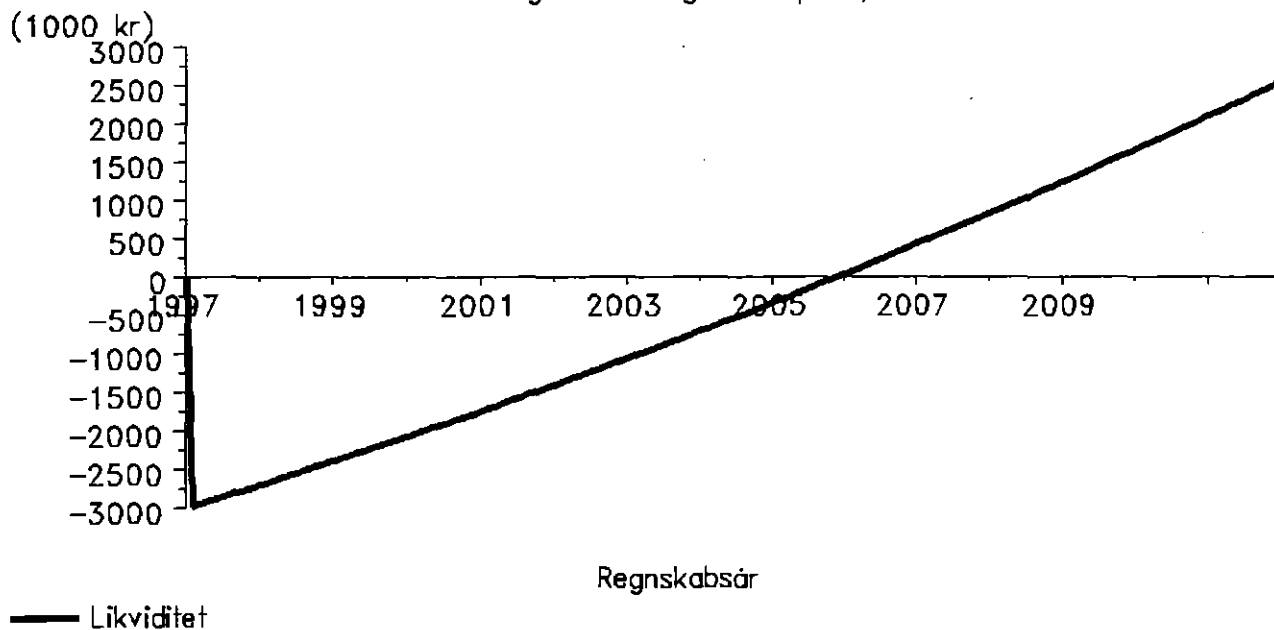
Fall 8.3.2 elpris + 5 öre/kWh

Påverknig af likviditet



Gæld

Investeringen er tilbagebetalt på 8, 9 år



Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :18:07
Side :3
Ref. :Mats

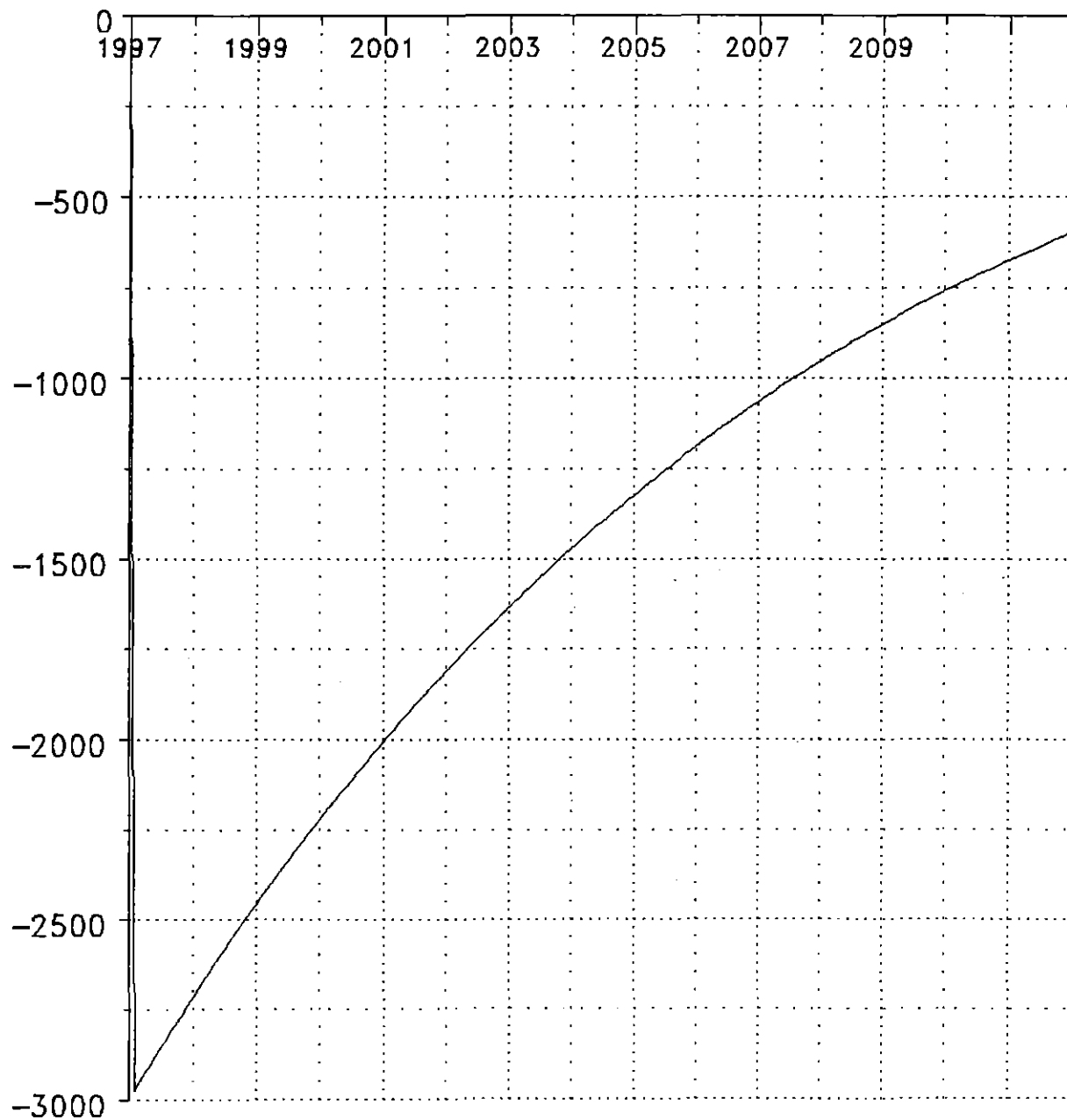
Fall 8.3.2 elpriset stiger 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:07

Side :4

Ref. :Mats

Fall 8.3.2 elpriset stiger 5 öre/kWh

Mats Nilsson

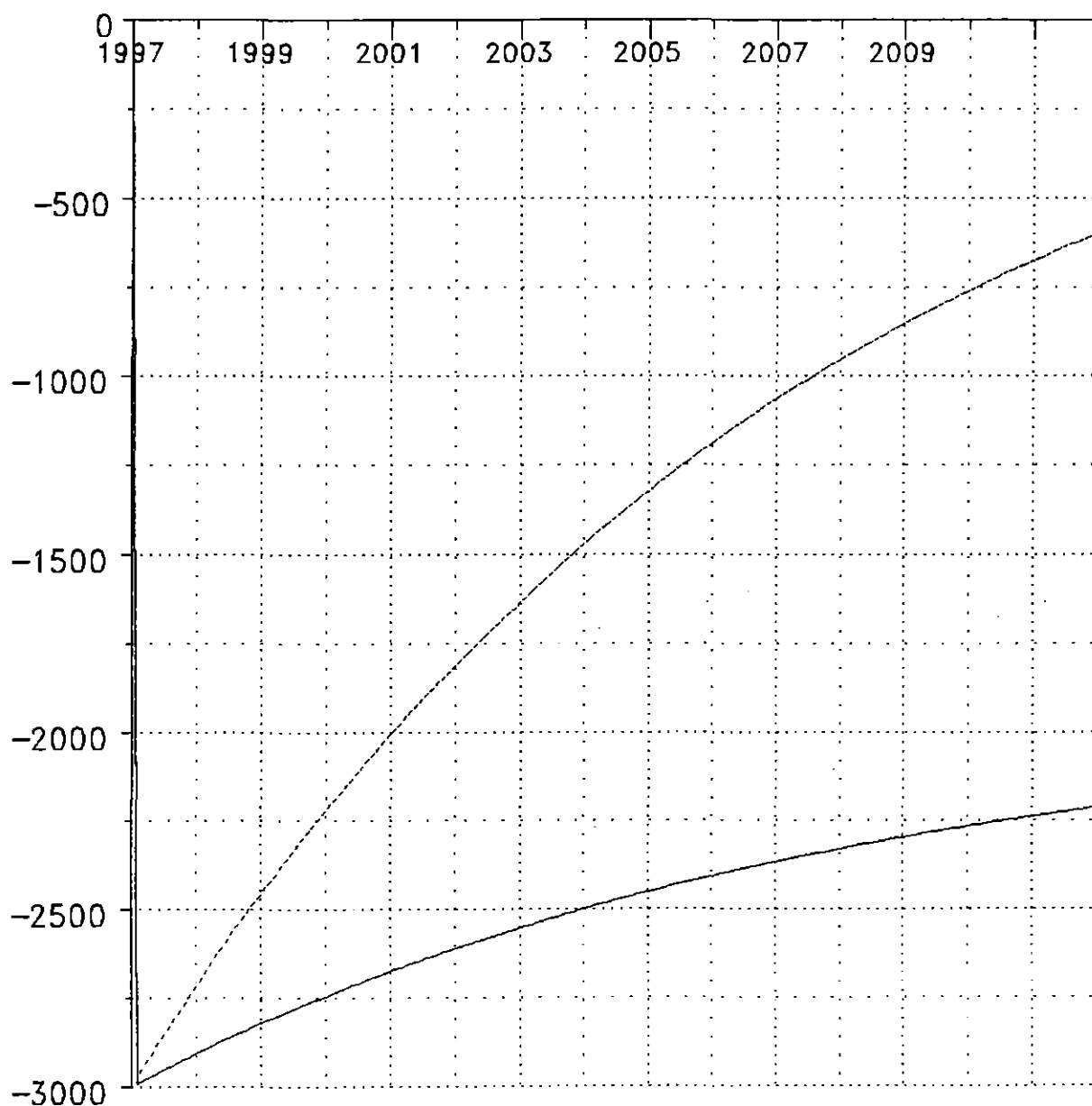
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme

Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

----- Alternativ

— Reference

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato: 27/11/96
Tid : 18:16
Side: 1
Ref.: Mats

Fall 8.3.3 elpriset stiger 10 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtliga ind- og udbetalinger har en nuværdi på : 1.017.000 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

	Likviditet	Egenkapital + Henlæggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.499.616	3.350.384
1998	-1.984.221	3.215.779
1999	-1.453.364	3.096.636
2000	-906.581	2.993.419
2001	-343.395	2.906.605
2002	236.687	2.836.687
2003	834.172	2.784.172
2004	1.449.580	2.749.580
2005	2.083.452	2.733.452
2006	2.736.339	2.736.339
2007	3.408.813	3.408.813
2008	4.101.461	4.101.461
2009	4.814.889	4.814.889
2010	5.549.719	5.549.719
2011	6.306.594	6.306.594

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :18:16
Side :2
Ref. :Mats

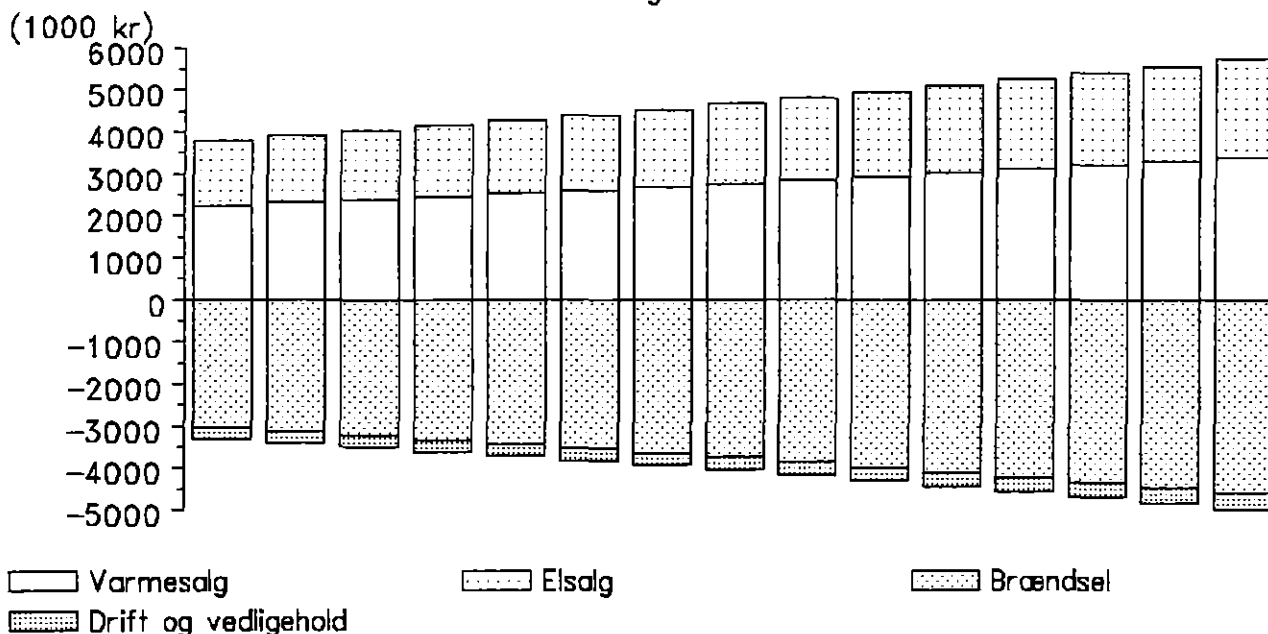
Fall 8.3.3 elpriset stiger 10 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

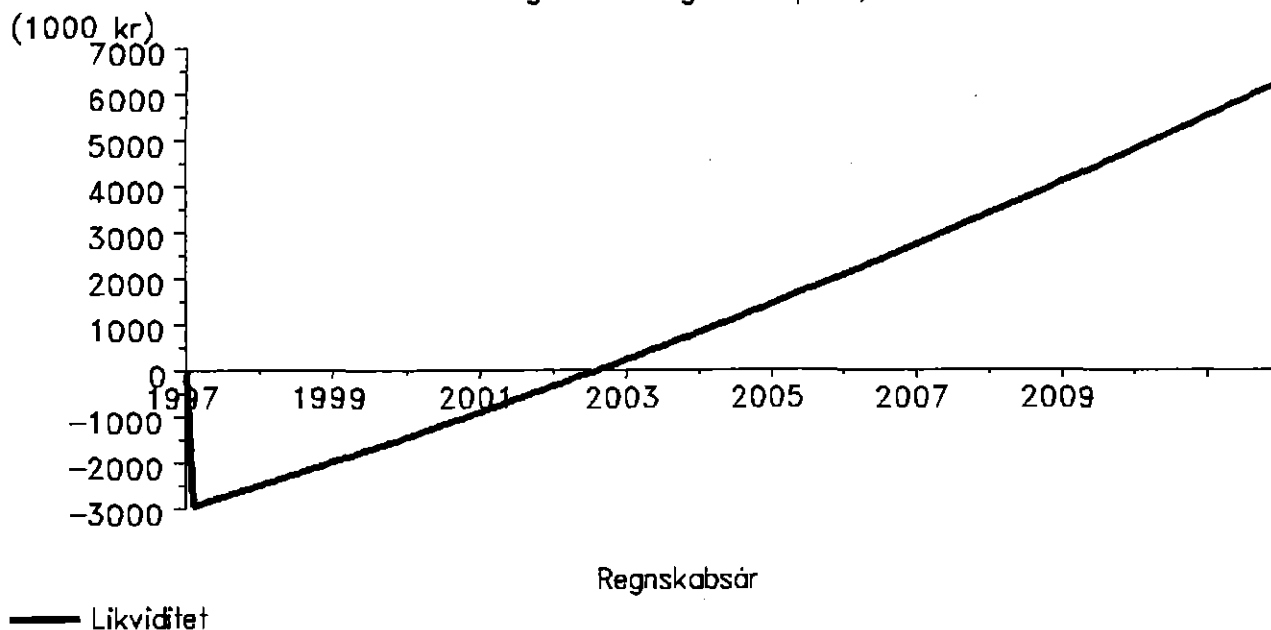
Fall 8.3.3 elpris +10 öre/kWh

Påverking af likviditet



Gæld

Investeringen er tilbagebetalt på 5, 7 år



Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:16

Side :3

Ref. :Mats

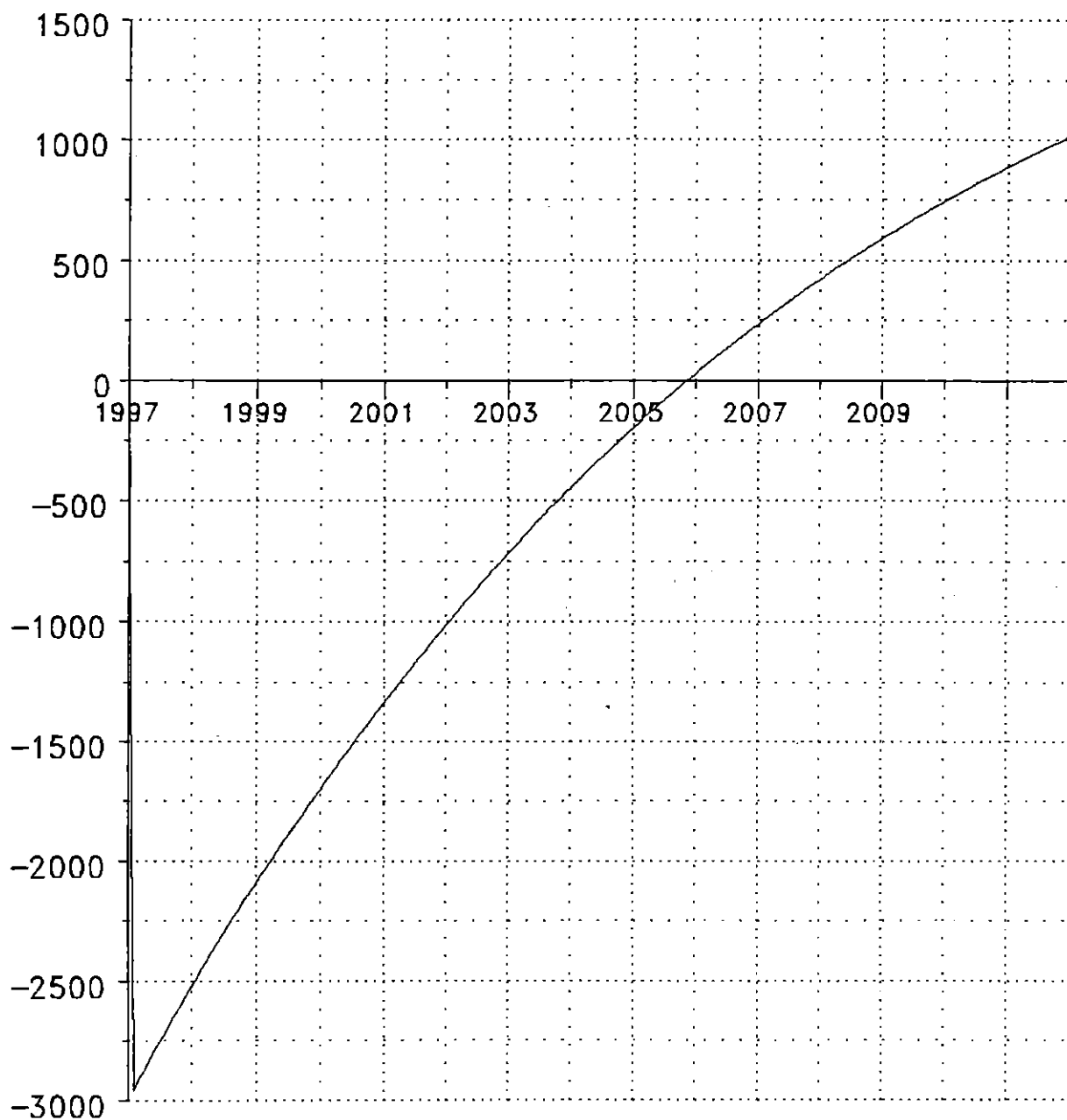
Fall 8.3.3 elpriset stiger 10 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:16

Side :4

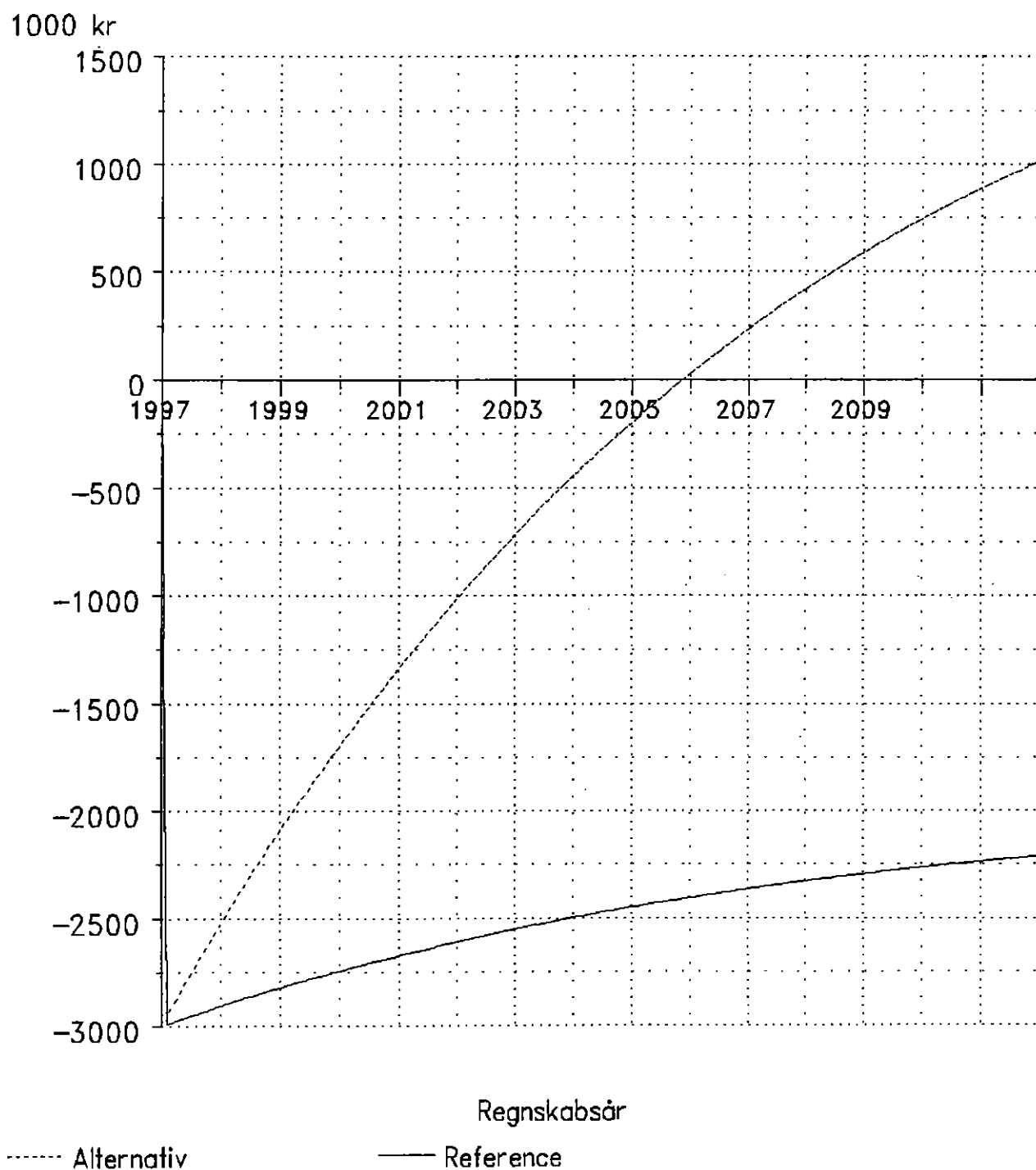
Ref. :Mats

Fall 8.3.3 elpriset stiger 10 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE



Energi- og	SYDGAS AB, Region Norr	Dato: 27/11/96
Miljødata's	Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp	Tid : 18:27
KVBUDGET	Tlf. 042-565 50	Side: 1
Vers.: 2.76 Sep 96	Fax. 042-546 90	Ref.: Mats

Fall 8.3.4 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtliga ind- og udbetalinger har en nuværdi på : 681.731 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

	Likviditet	Egenkapital + Henlæggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.541.380	3.308.620
1998	-2.069.001	3.130.999
1999	-1.582.450	2.967.550
2000	-1.081.303	2.818.697
2001	-565.122	2.684.878
2002	-33.455	2.566.545
2003	514.161	2.464.161
2004	1.078.207	2.378.207
2005	1.659.173	2.309.173
2006	2.257.569	2.257.569
2007	2.873.916	2.873.916
2008	3.508.754	3.508.754
2009	4.162.637	4.162.637
2010	4.836.137	4.836.137
2011	5.529.841	5.529.841

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

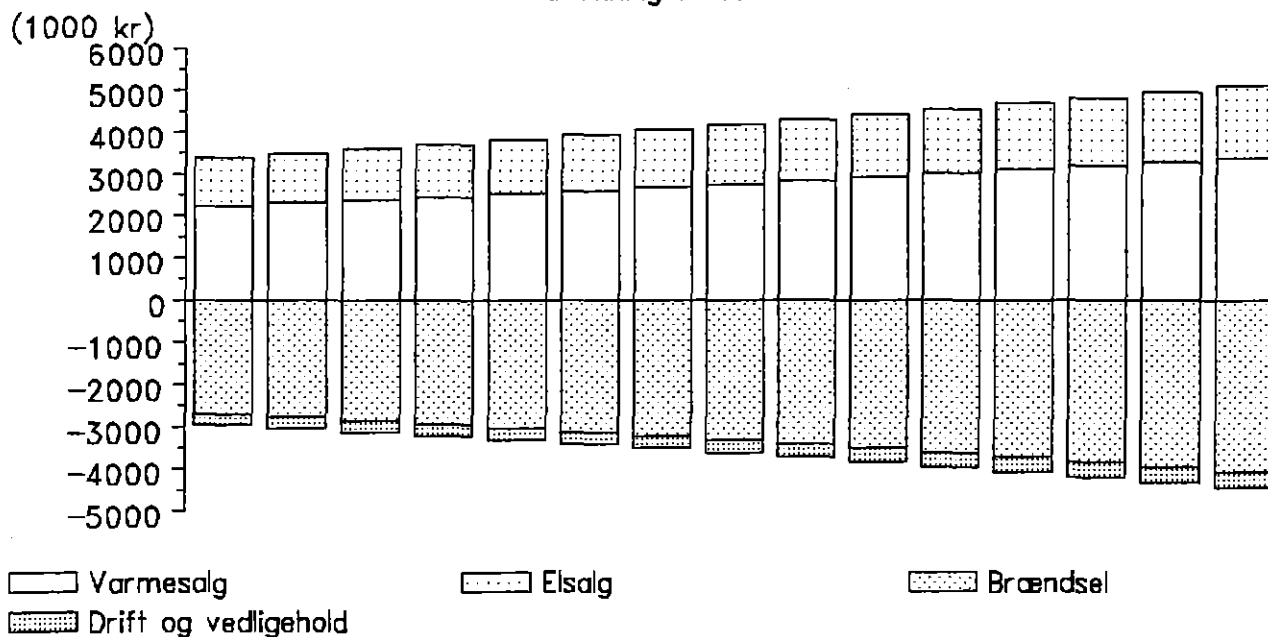
Dato :27/11/96
Tid :18:27
Side :2
Ref. :Mats

Fall 8.3.4 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

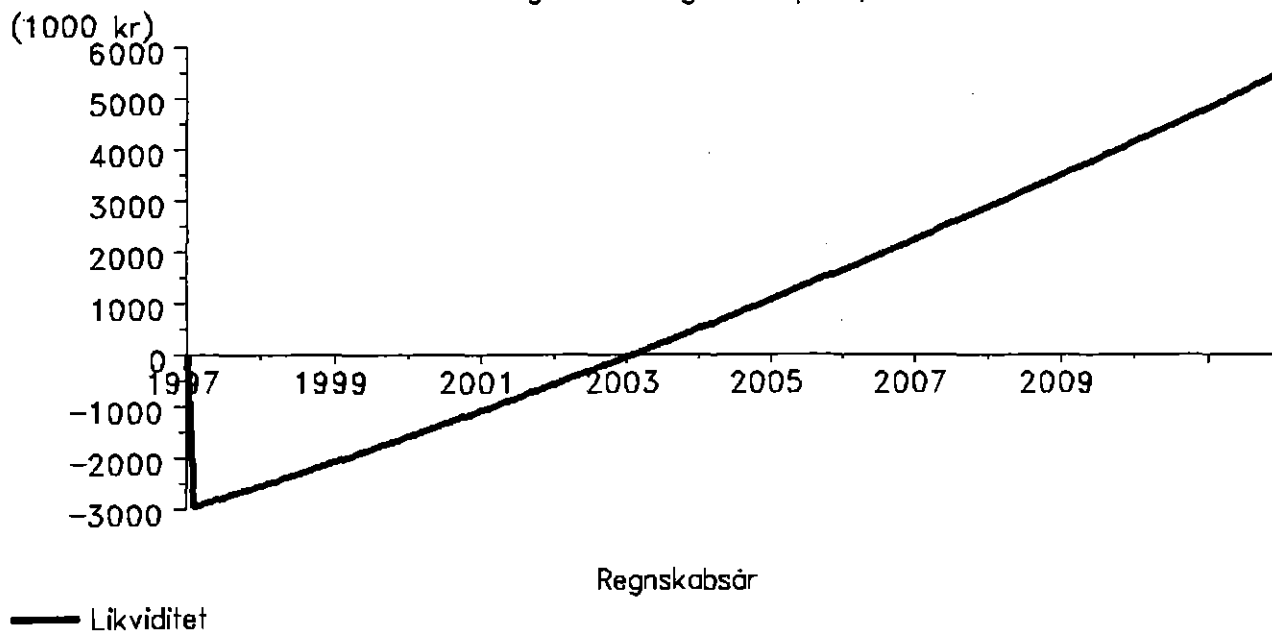
Fall 8.3.4 bränslek.-3öre/kWh

Påverking af likviditet



Gæld

Investeringen er tilbagebetalt på 6, 1 år



Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:27

Side :3

Ref. :Mats

Fall 8.3.4 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh

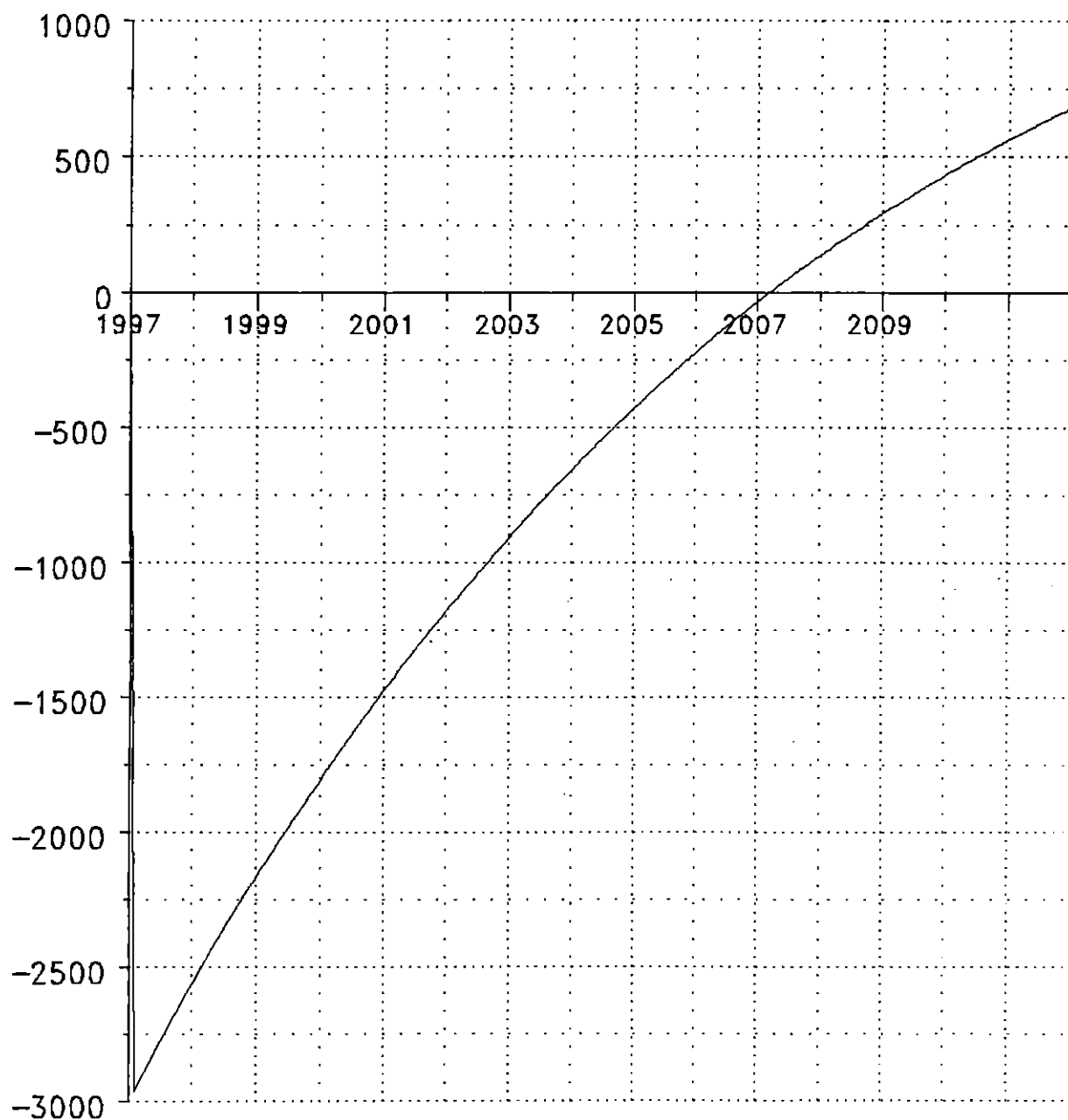
Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme

Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:41

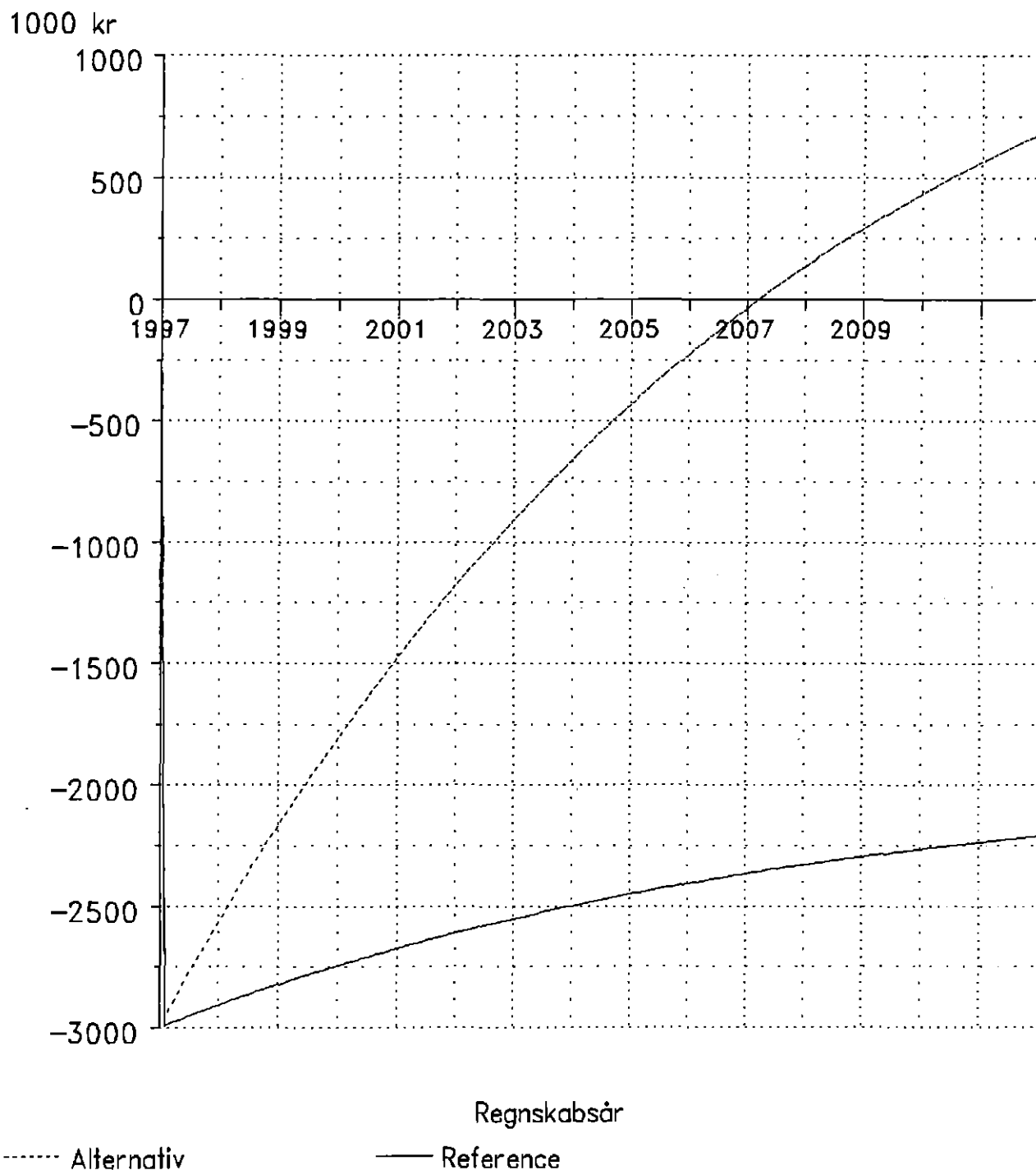
Side :1

Ref. :Mats

Fall 8.3.4 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE



Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato: 27/11/96

Tid : 18:51

Side: 1

Ref.: Mats

Fall 8.3.5 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh Mats Nilsson
elpris ökar med 5 öre/kWh LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtliga ind- og udbetalinger har en nuværdi på : 2.296.550 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

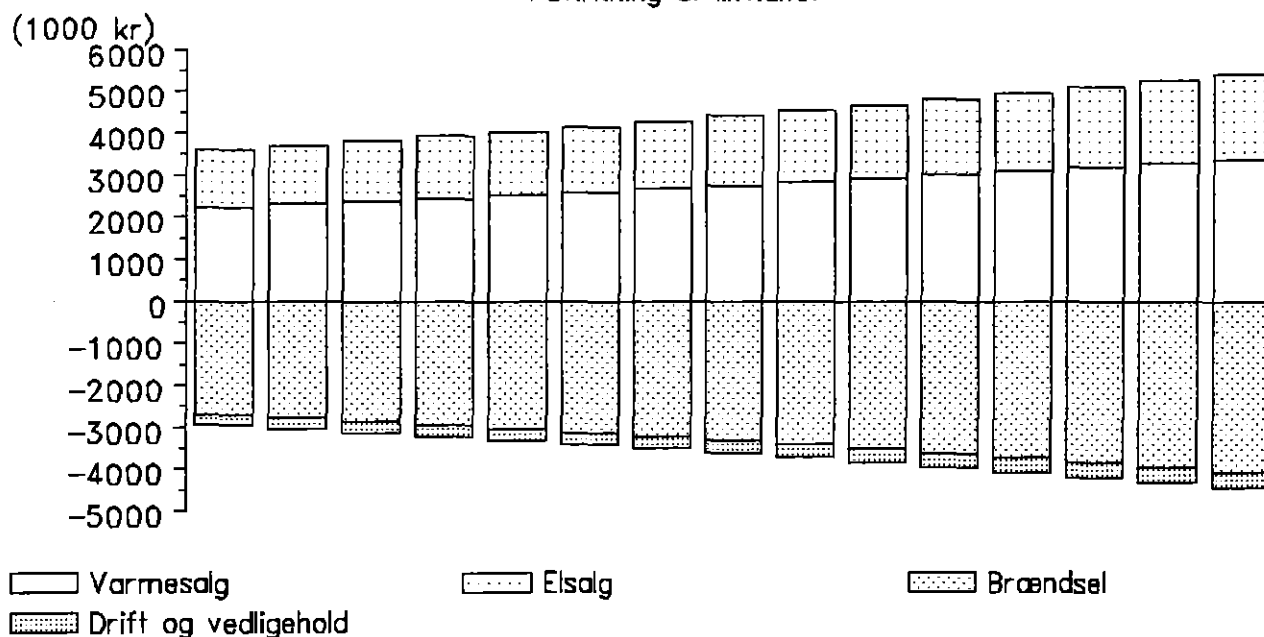
	Likviditet	Egenkapital + Henlæggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.340.227	3.509.773
1998	-1.660.661	3.539.339
1999	-960.708	3.589.292
2000	-239.757	3.660.243
2001	502.823	3.752.823
2002	1.267.681	3.867.681
2003	2.055.484	4.005.484
2004	2.866.921	4.166.921
2005	3.702.702	4.352.702
2006	4.563.556	4.563.556
2007	5.450.235	5.450.235
2008	6.363.515	6.363.515
2009	7.304.193	7.304.193
2010	8.273.092	8.273.092
2011	9.271.057	9.271.057

Fall 8.3.5 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh Mats Nilsson
elpris ökar med 5 öre/kWh LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

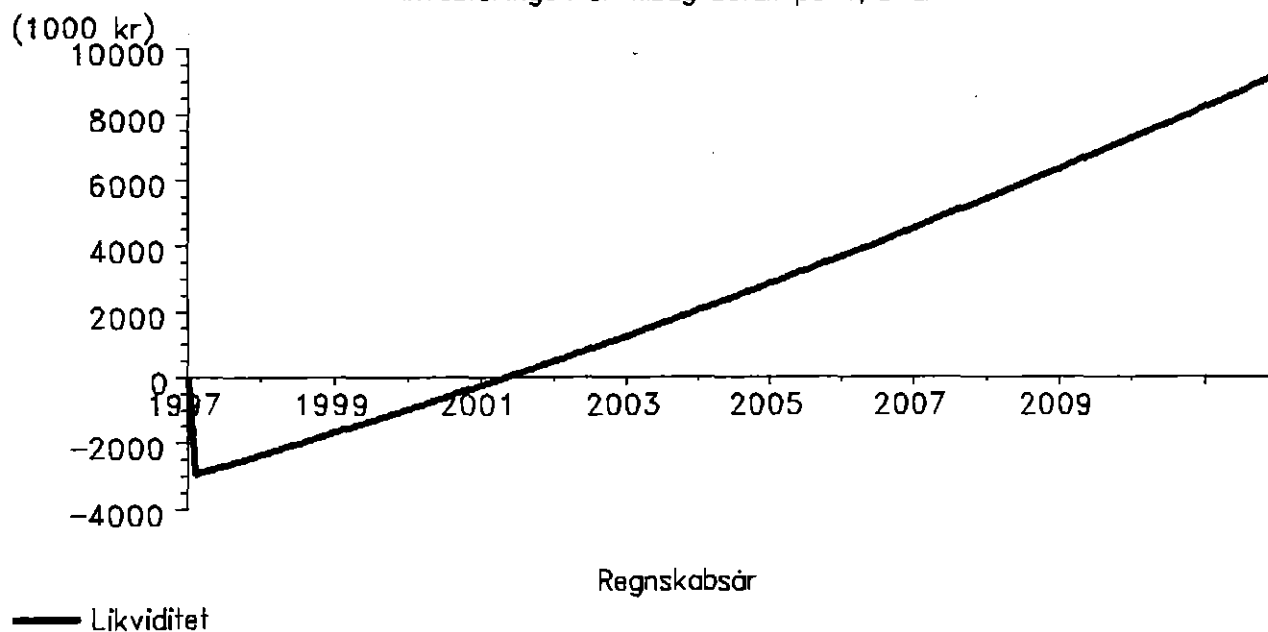
Fall 8.3.5

Påverknig af likviditet



Gæld

Investeringen er tilbagebetalt på 4,3 år



Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

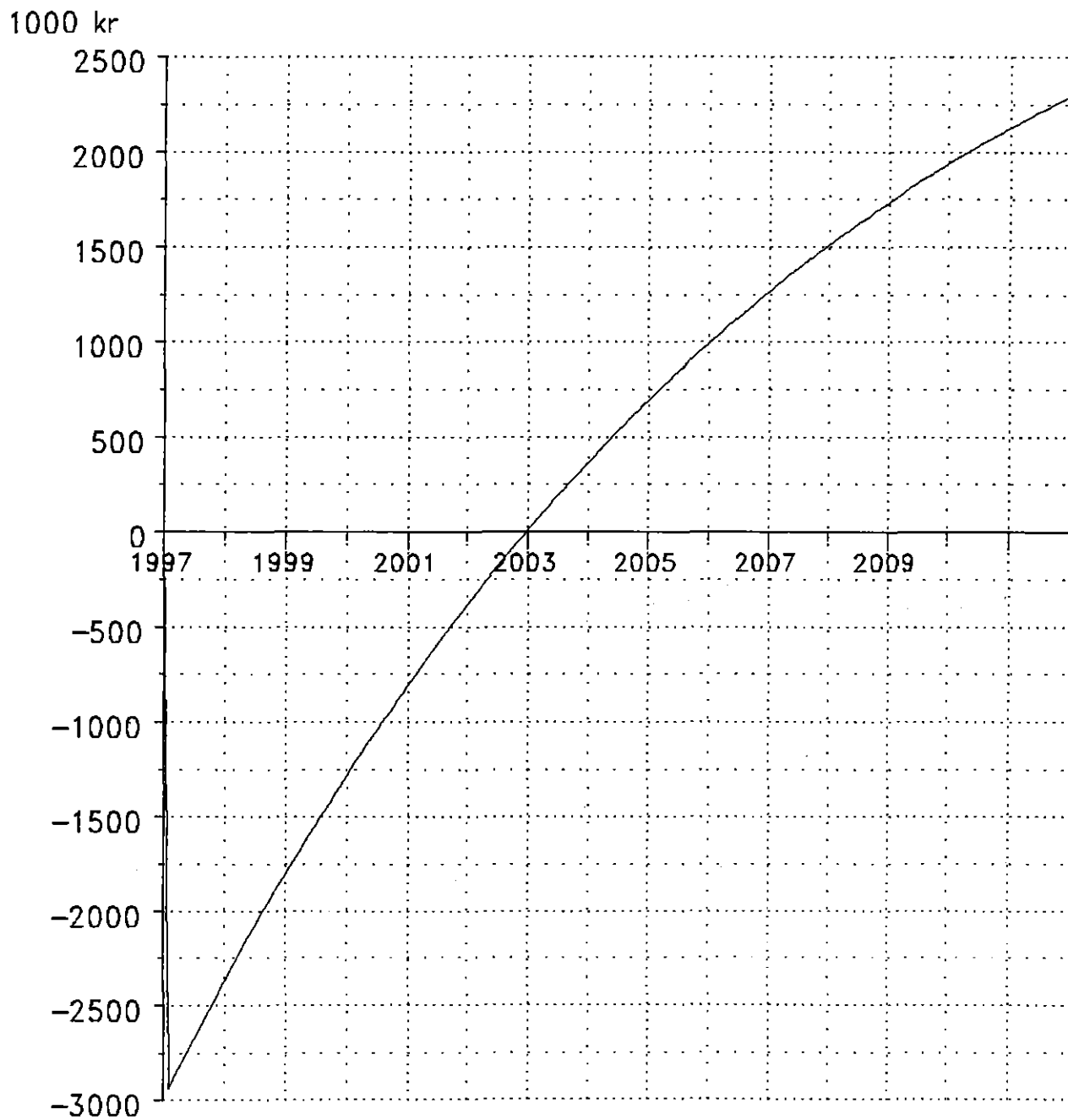
SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :18:47
Side :3
Ref. :Mats

Fall 8.3.5 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh Mats Nilsson
elpris ökar med 5 öre/kWh LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE



Regnskabsår

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

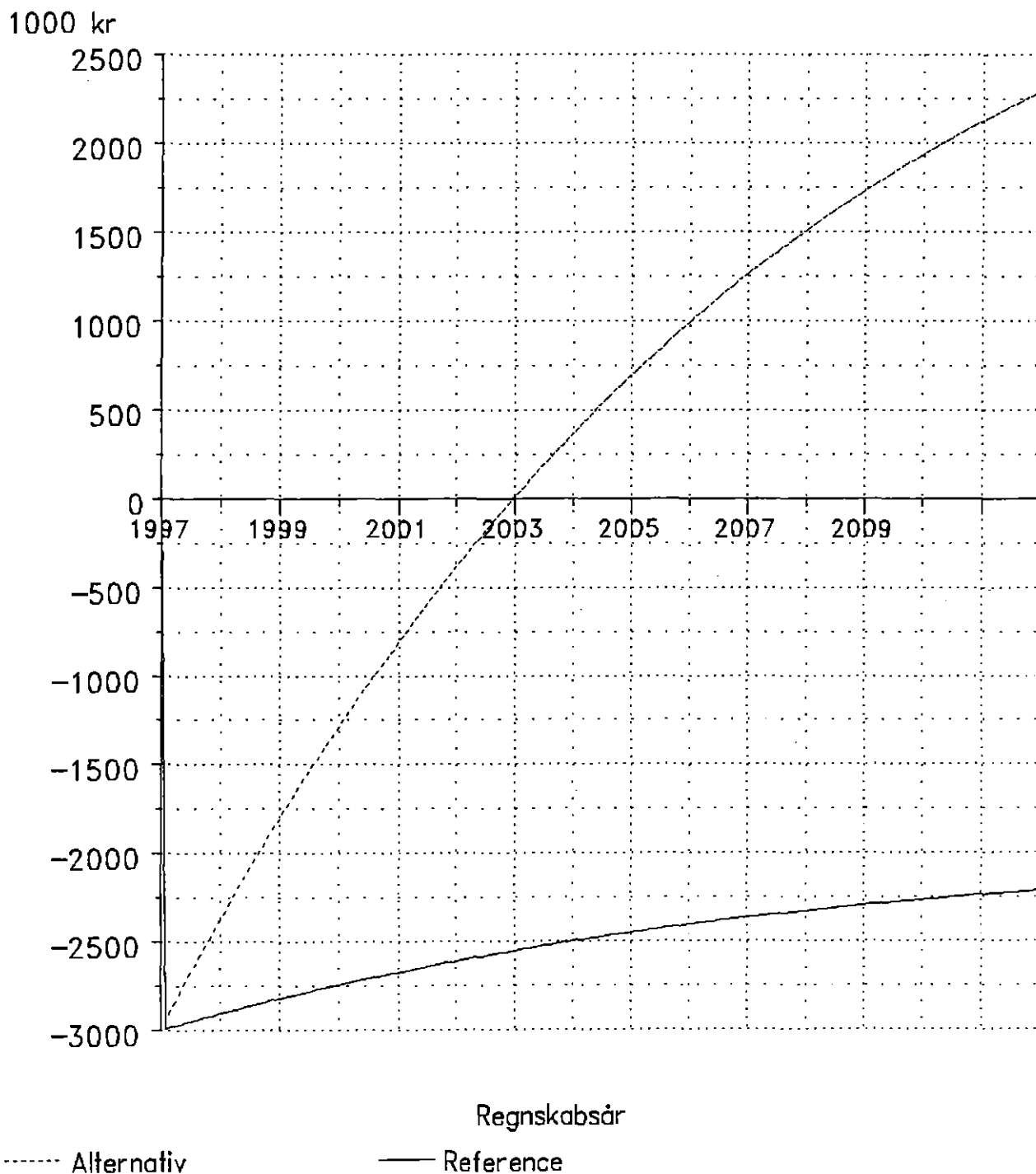
Dato :27/11/96
Tid :18:47
Side :4
Ref. :Mats

Fall 8.3.5 naturgasp. sjunker 3 öre/kWh
elpris ökar med 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE



Energi- og Miljødata's KVBUDGET Vers.: 2.76 Sep 96	SYDGAS AB, Region Norr Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp Tlf. 042-565 50 Fax. 042-546 90	Dato: 27/11/96 Tid : 18:57 Side: 1 Ref.: Mats
---	---	--

Fall 8.3.6 värmepris ökar med 5 öre/kWh Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtliga ind- og udbetalinger har en nuværdi på : 516.827 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

	Likviditet	Egenkapital + Henlæggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.561.921	3.288.079
1998	-2.110.700	3.089.300
1999	-1.645.942	2.904.058
2000	-1.167.241	2.732.759
2001	-674.179	2.575.821
2002	-166.326	2.433.674
2003	356.763	2.306.763
2004	895.545	2.195.545
2005	1.450.491	2.100.491
2006	2.022.084	2.022.084
2007	2.610.826	2.610.826
2008	3.217.230	3.217.230
2009	3.841.825	3.841.825
2010	4.485.159	4.485.159
2011	5.147.793	5.147.793

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

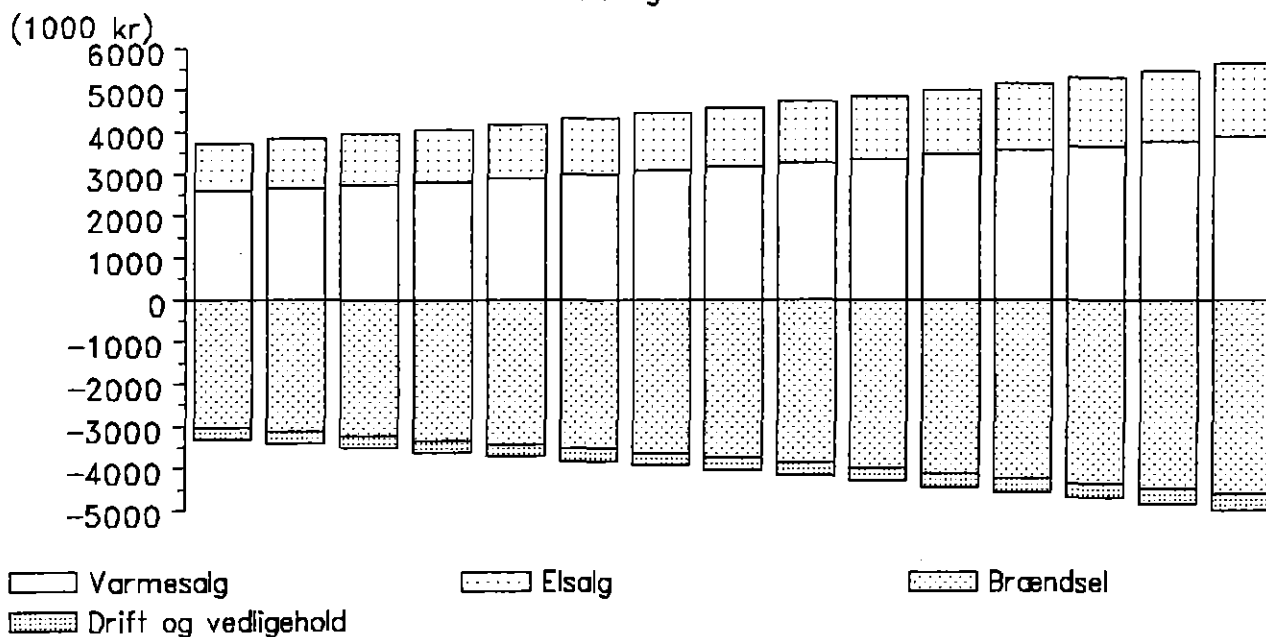
Dato :27/11/96
Tid :18:57
Side :2
Ref. :Mats

Fall 8.3.6 värmepris ökar med 5 öre/kWh Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

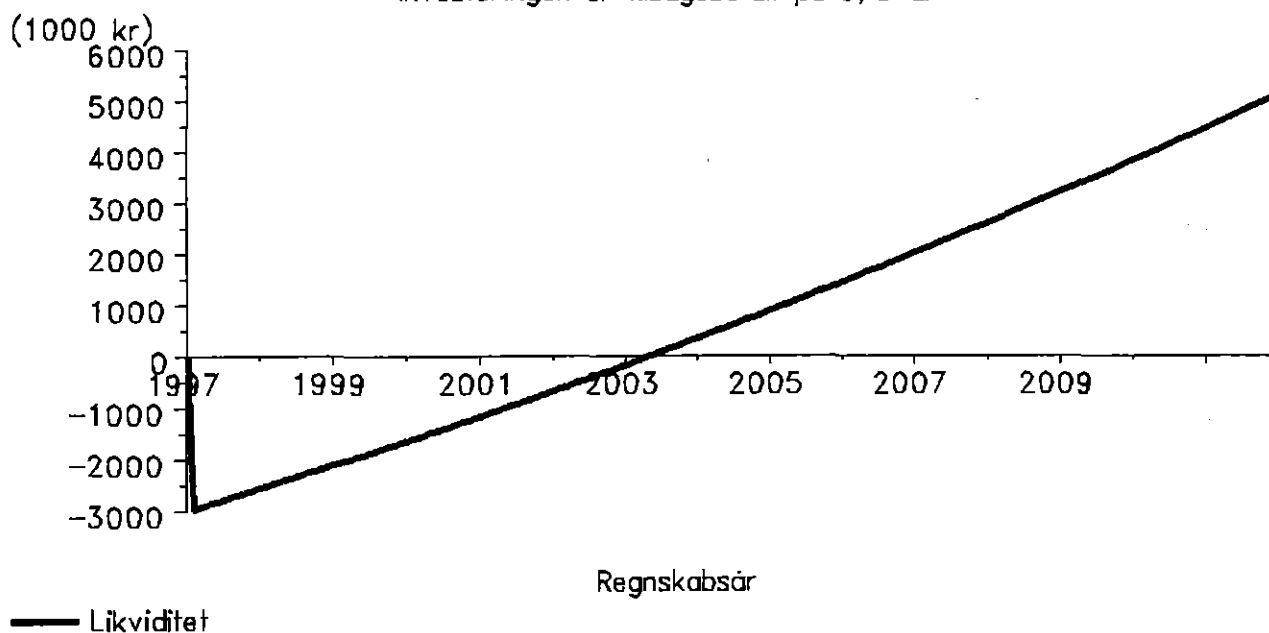
Fall 8.3.6

Påverknig af likviditet



Gæld

Investeringen er tilbagebetalt på 6, 3 år



Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:57

Side :3

Ref. :Mats

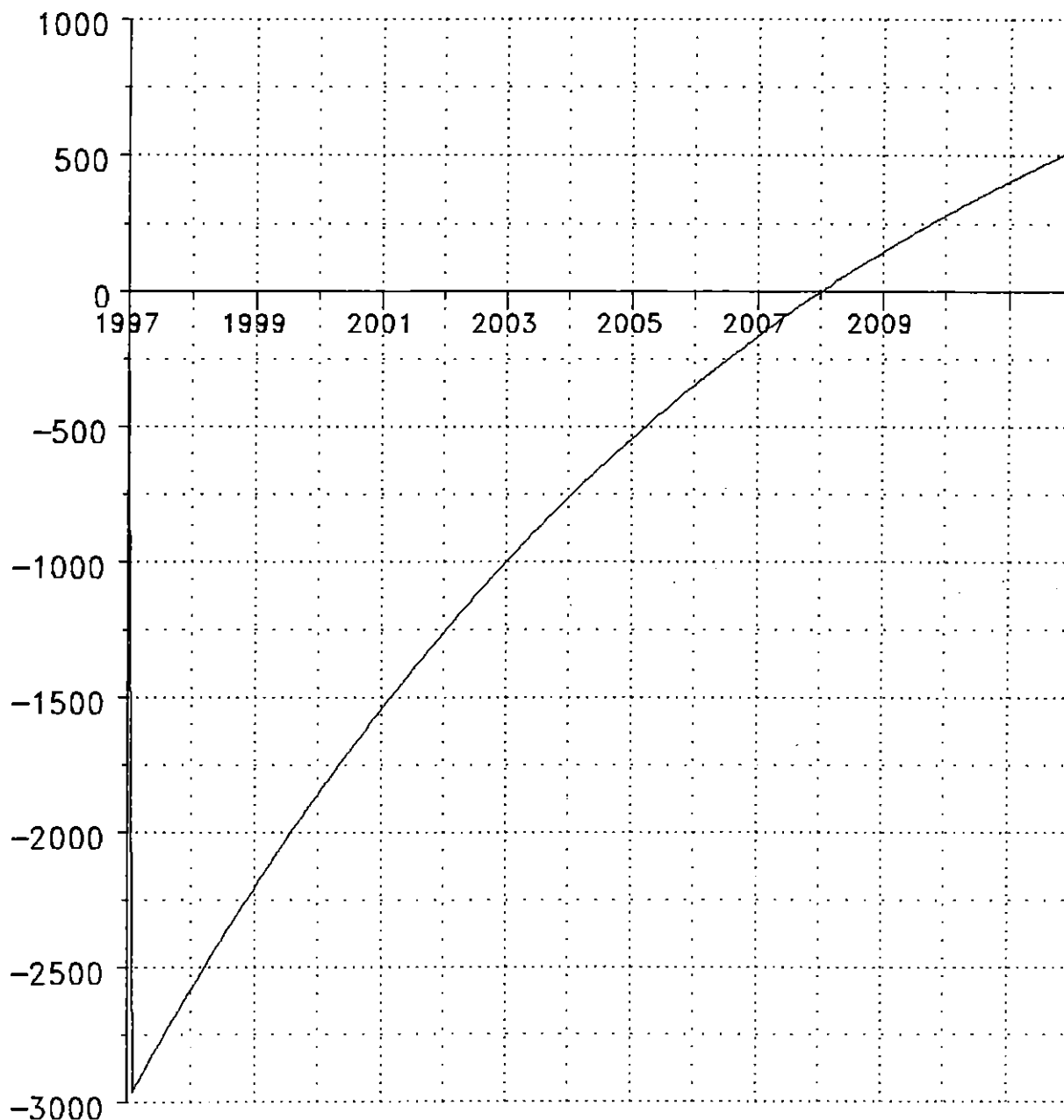
Fall 8.3.6 värmepris ökar med 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

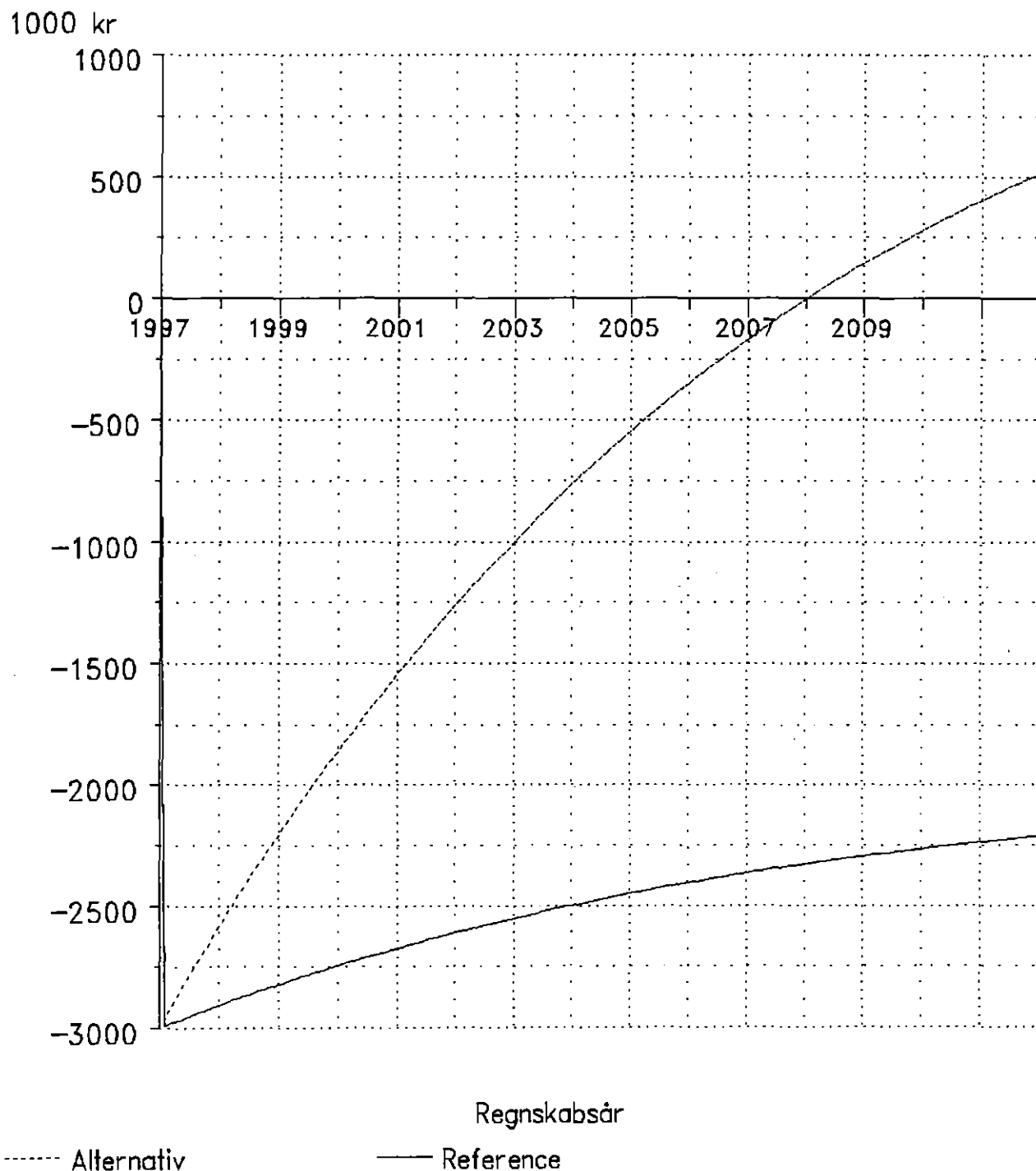
SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :18:57
Side :4
Ref. :Mats

Fall 8.3.6 värmepris ökar med 5 öre/kWh Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE



Energi- og	SYDGAS AB, Region Norr	Dato: 27/11/96
Miljødata's	Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp	Tid : 18:55
KVBUDGET	Tlf. 042-565 50	Side: 1
Vers.: 2.76 Sep 96	Fax. 042-546 90	Ref.: Mats

Fall 8.3.7 värmepris ökar med 5 öre/kWh	Mats Nilsson
elpris ökar med 5 öre/kWh	LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtliga ind- og udbetalinger har en nuværdi på : 2.131.647 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

	Likviditet	Egenkapital + Henlæggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.360.769	3.489.231
1998	-1.702.360	3.497.640
1999	-1.024.200	3.525.800
2000	-325.694	3.574.306
2001	393.766	3.643.766
2002	1.134.810	3.734.810
2003	1.898.086	3.848.086
2004	2.684.260	3.984.260
2005	3.494.019	4.144.019
2006	4.328.071	4.328.071
2007	5.187.145	5.187.145
2008	6.071.990	6.071.990
2009	6.983.381	6.983.381
2010	7.922.114	7.922.114
2011	8.889.009	8.889.009

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :18:55
Side :2
Ref. :Mats

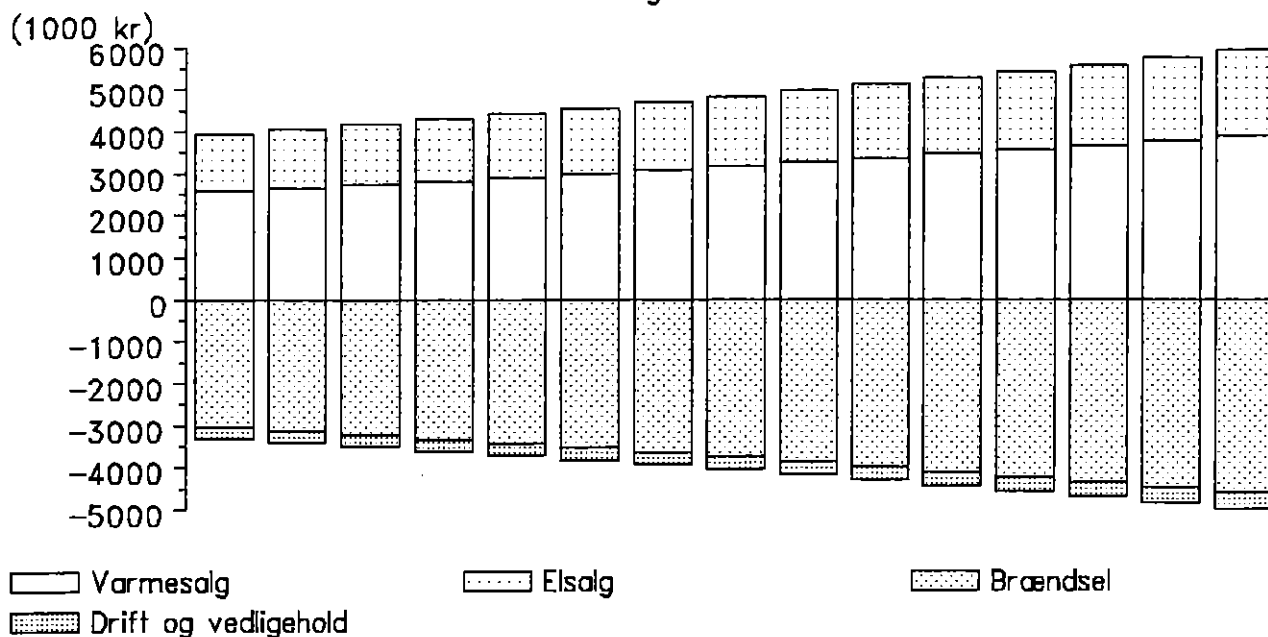
Fall 8.3.7 värmepris ökar med 5 öre/kWh
elpris ökar med 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

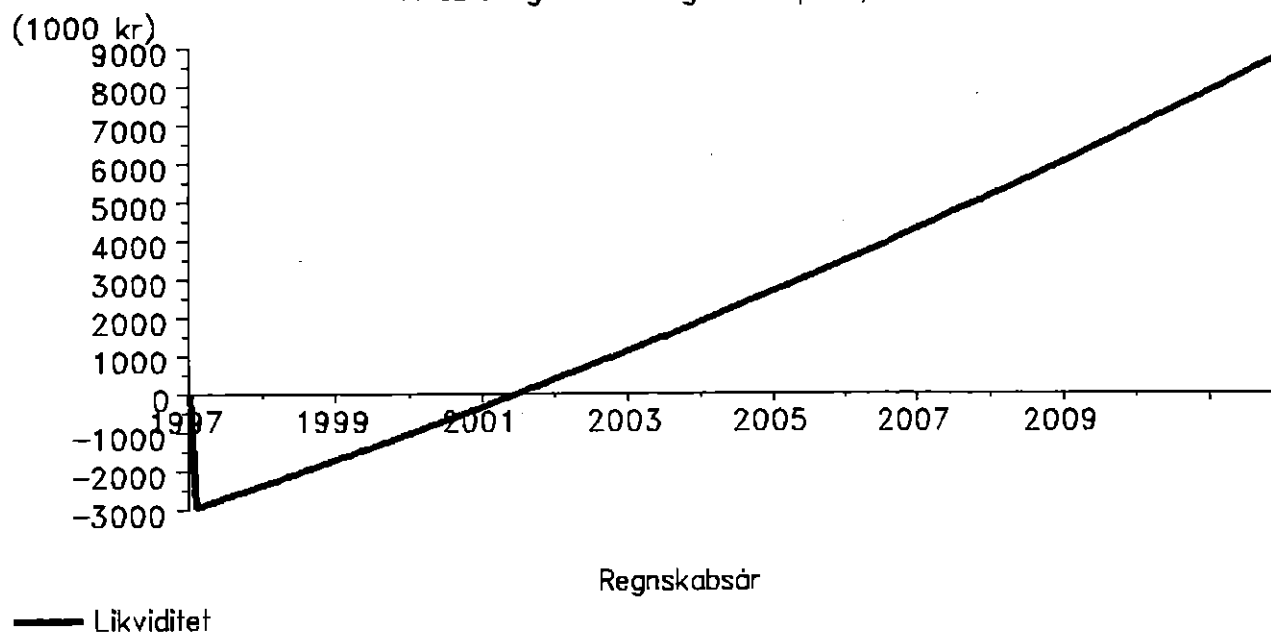
Fall 8.3.7

Påverknig af likviditet



Gæld

Investeringen er tilbagebetalt på 4, 5 år



Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:55

Side :3

Ref. :Mats

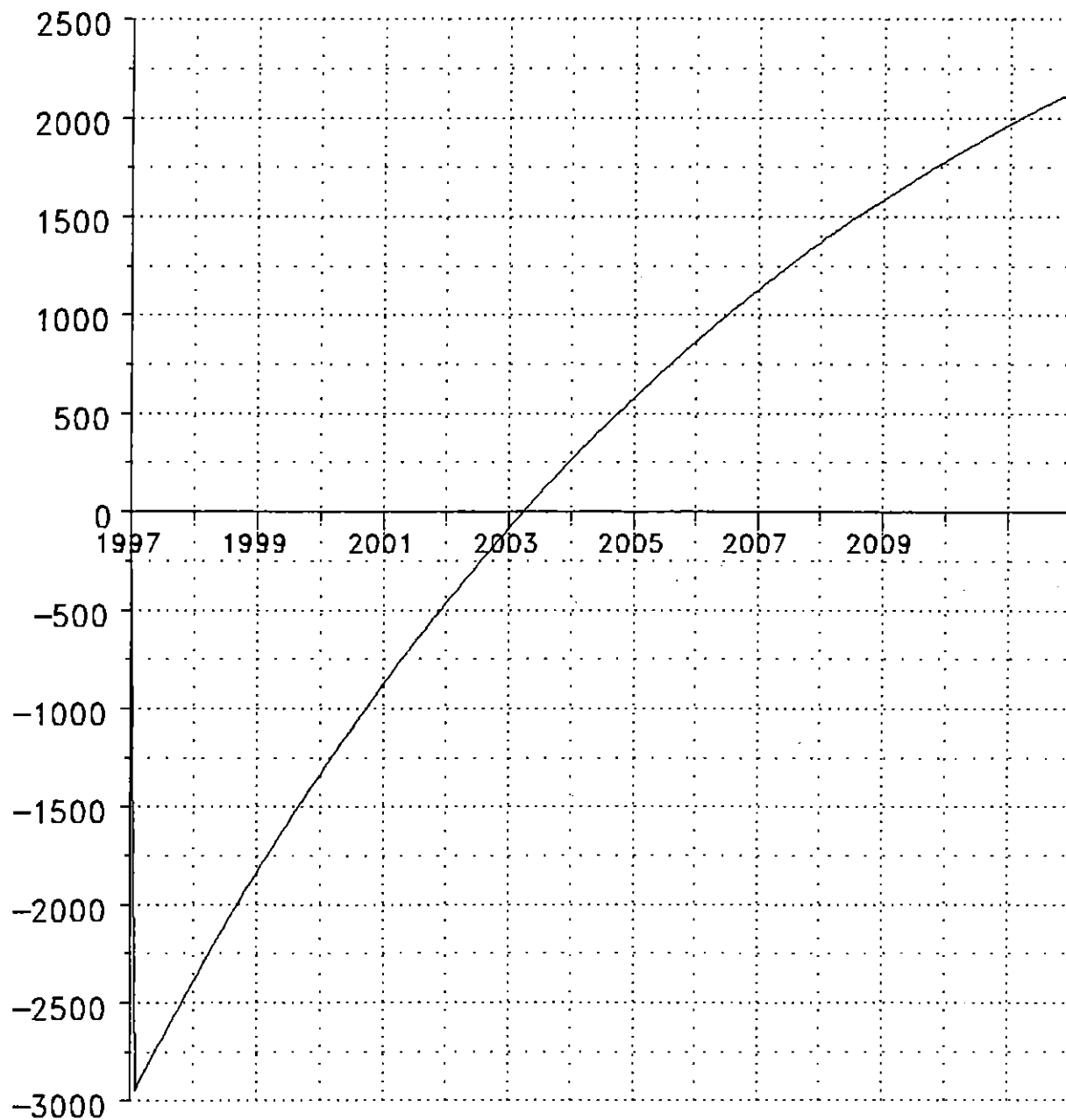
Fall 8.3.7 värmepris ökar med 5 öre/kWh
elpris ökar med 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :18:55

Side :4

Ref. :Mats

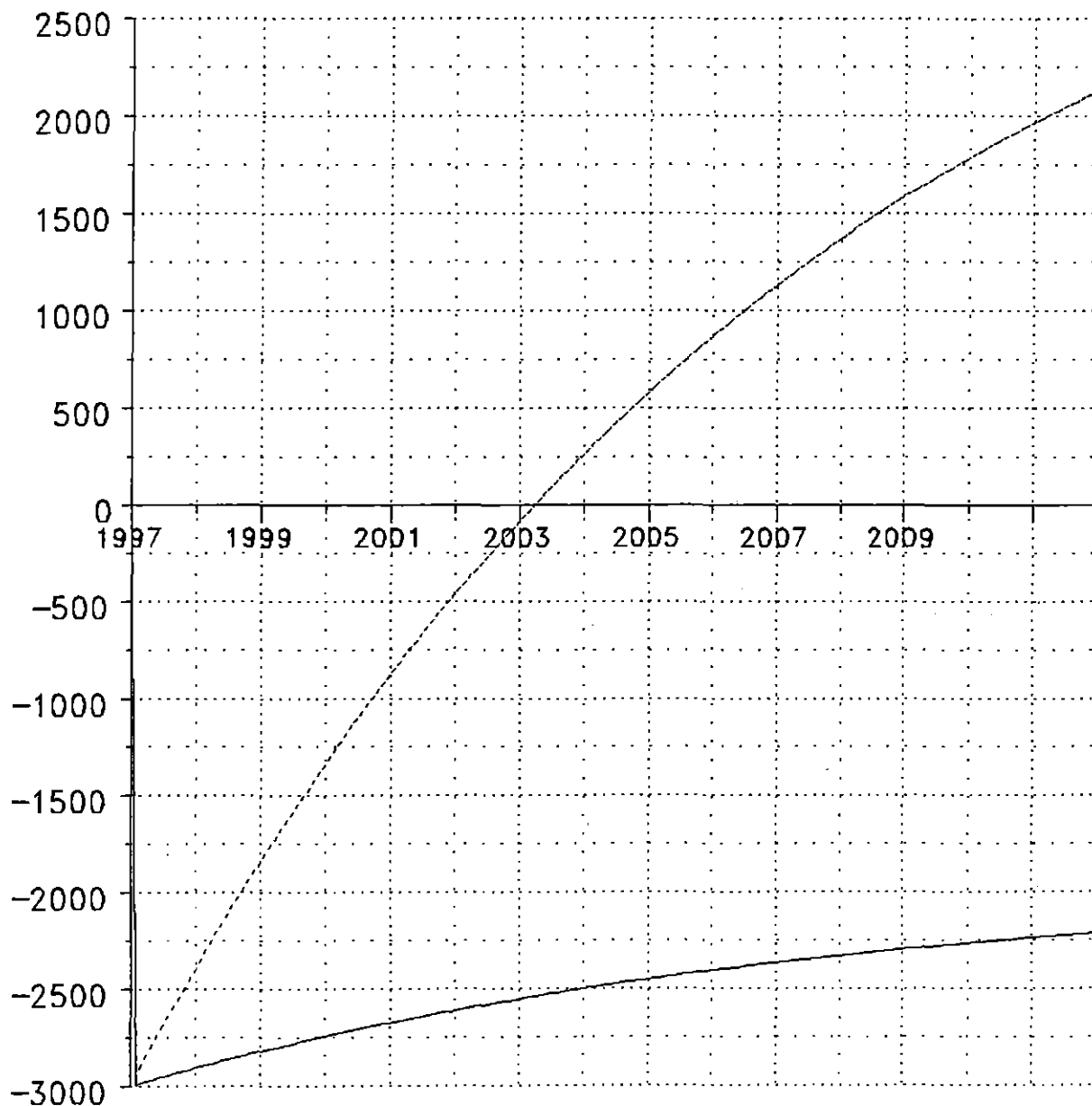
Fall 8.3.7 värmepris ökar med 5 öre/kWh
elpris ökar med 5 öre/kWh

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

----- Alternativ

—— Reference

Energi- og	SYDGAS AB, Region Norr	Dato: 27/11/96
Miljødata's	Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp	Tid : 19:04
KVBUDGET	Tlf. 042-565 50	Side: 1
Vers.: 2.76 Sep 96	Fax. 042-546 90	Ref.: Mats

Fall 8.3.8 elpris ökar med 1 % realt

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NÖGLETAL

Samtliga ind- og udbetalinger har en nuvärdi på : -1.691.818 kr
ved en kalkulationsrente på 10.0 % p.a.

	Likviditet	Egenkapital + Henläggelser
	(kr)	(kr)
1997	-2.901.921	2.948.079
1998	-2.788.820	2.411.180
1999	-2.659.757	1.890.243
2000	-2.513.746	1.386.254
2001	-2.349.751	900.249
2002	-2.166.681	433.319
2003	-1.963.394	-13.394
2004	-1.738.687	-438.687
2005	-1.491.299	-841.299
2006	-1.219.905	-1.219.905
2007	-923.115	-923.115
2008	-599.471	-599.471
2009	-247.441	-247.441
2010	134.582	134.582
2011	548.281	548.281

Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :19:04
Side :2
Ref. :Mats

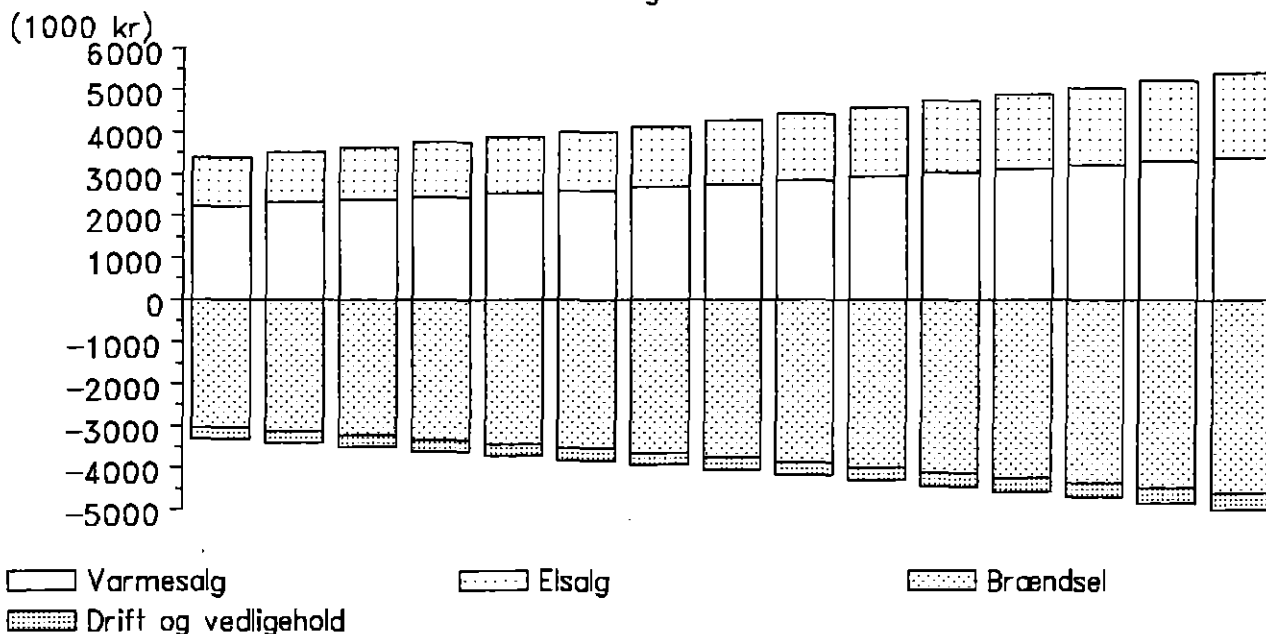
Fall 8.3.8 elpris ökar med 1 % reallt

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

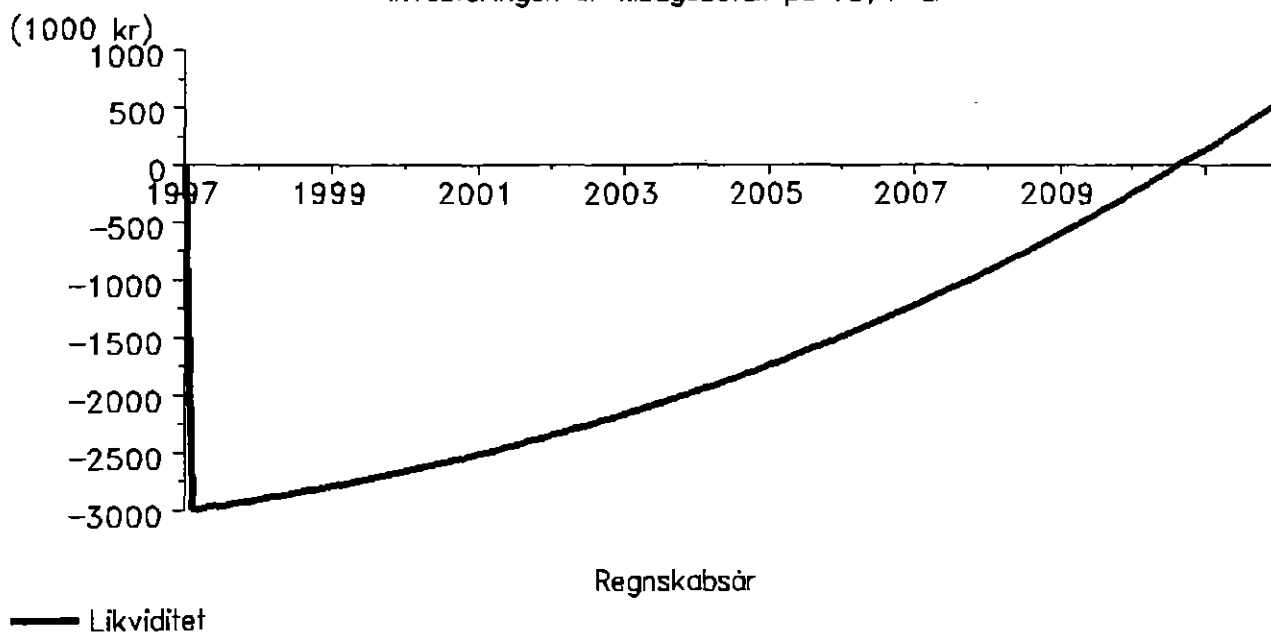
Fall 8.3.8

Påverkan af likviditet



Gæld

Investeringen er tilbagebetalt på 13,7 år



Energi- og
Miljødata's
KVBUDGET
Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr
Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp
Tlf. 042-565 50
Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96
Tid :19:04
Side :3
Ref. :Mats

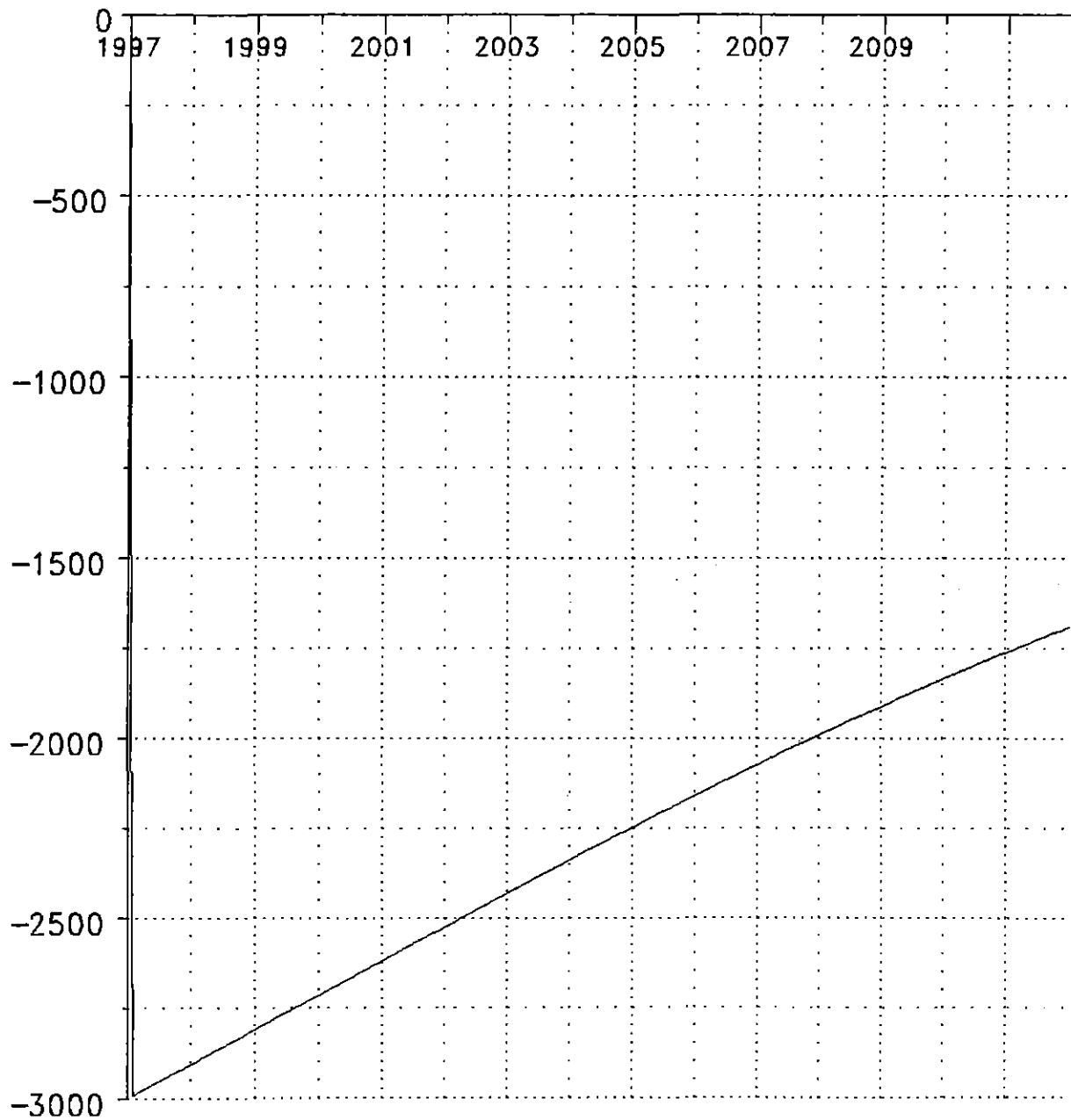
Fall 8.3.8 elpris ökar med 1 % realt

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

Energi- og
Miljødata's

KVBUDGET

Vers.: 2.76 Sep 96

SYDGAS AB, Region Norr

Malmövägen 7, S-265 90 Åstorp

Tlf. 042-565 50

Fax. 042-546 90

Dato :27/11/96

Tid :19:09

Side :1

Ref. :Mats

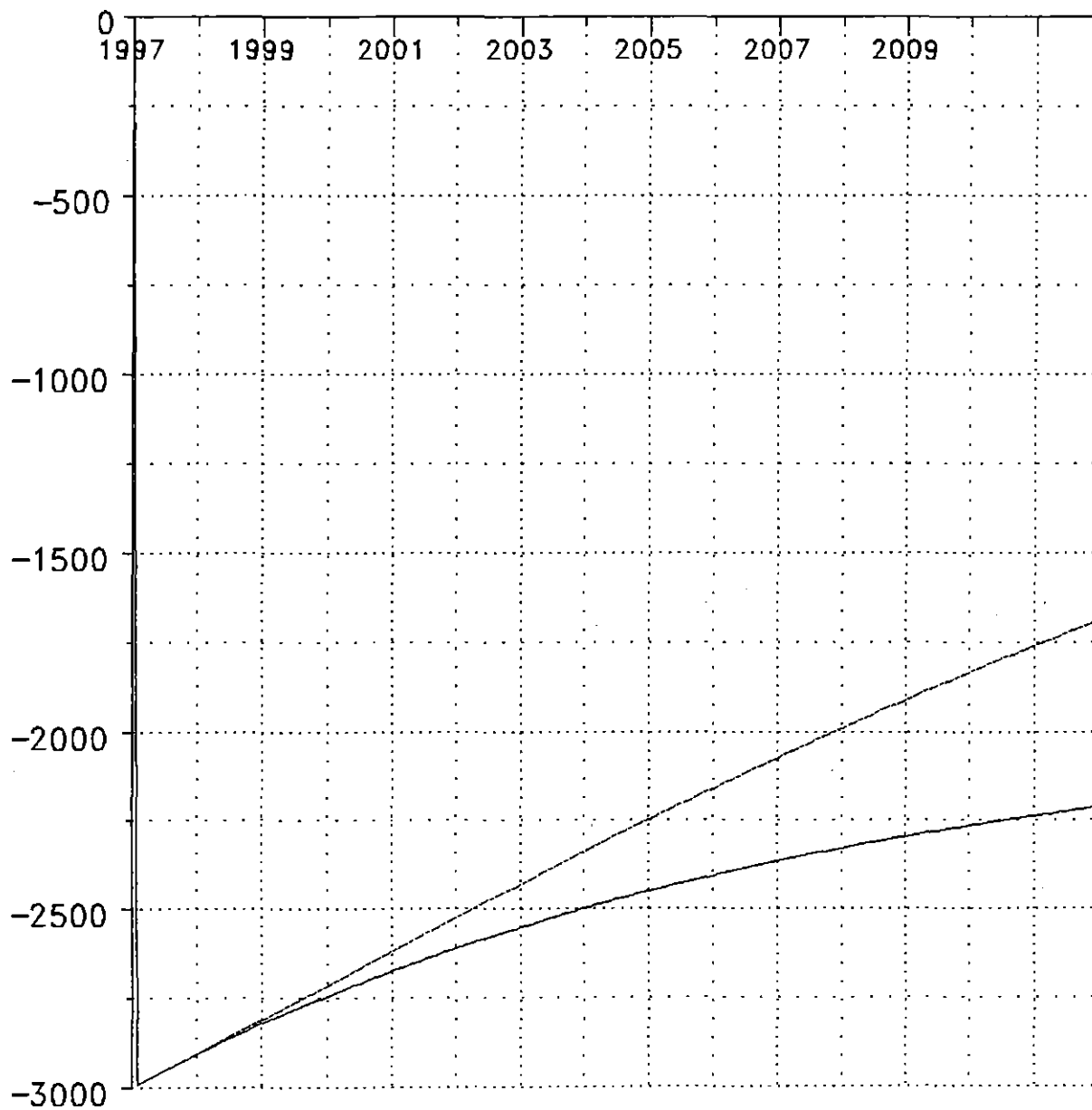
Fall 8.3.8 elpris ökar med 1 % realt

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme
Värmebehov : 6800 MWh

NUVÆRDI-KURVE

1000 kr



Regnskabsår

----- Alternativ

—— Reference

Energi- og Miljødata's KVDESIGN Vers.: 5.21 Apr 96	Sydgas AB, Region Norr Malmövägen 7 S-265 90 Åstorp Tlf. 042 565 50	Dato: 28/11/96 Tid : 1:51 Side: 1 Ref.: Mats
---	--	---

KVDESIGN FALL 8.3.10

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme

O V E R S I G T

BEREGNINGSÅR : 1997

VARMEBEHOV

Kävlinge	:	6800 MWh/år
Max. Varmeeffektbehov	:	1978 kW

ELBEHOV

egenförbrukning	:	60600 kWh/år
Max. Eleffektbehov	:	8 kW

ENERGIANLÆG

Navn	Type	Max. effekt
1 : naturgasmotor 316	KV-Enhed	736 kW-el
2 : befintlig	Kedel	3395 kW-varme

VARMELAGER

100 m3 (2 MWh ved 20.0 graders temperaturforskell)

VARMEPRODUKTION

Anlæg	Produktion (MWh)	Dækningsgrad (%)
1 :	5461	80.3
2 :	1339	19.7
I alt	6800	100.0

ELPRODUKTION

Anlæg	Höglast (MWh)	Låglast (MWh)	I alt (MWh)
1 :	1189.2	3306.6	4495.9

DRIFTSTIMER

Anlæg	Höglast Timer	Låglast Timer	I alt Timer
1 :	1616	7144	8760
2 :	1562	2260	3822

ELSALG OG -KØB

	Höglast (MWh)	Låglast (MWh)	I alt (MWh)
Salg	1178.9	3257.9	4436.8
Køb	0.0	0.0	0.0

Energi- og
Miljødata's
KVDESIGN
Vers.: 5.21 Apr 96

Sydgas AB, Region Norr
Malmövägen 7
S-265 90 Åstorp
Tlf. 042 565 50

Dato: 28/11/96
Tid : 1:51
Side: 2
Ref.: Mats

KVDESIGN FALL 8.3.10

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme

BRÆNDSLSFORBRUG

Anlæg	Energi (MWh)	Mængde	
1 :	11162 =	1014687 Nm3	Naturgas
2 :	1380 =	125459 Nm3	Naturgas
I alt	12542		

TARIFPERIODER

ekovisam

Höglast : 1616 timer/år
Låglast : 7144 timer/år

STYRINGSSTRATEGI

Ingen krav til tømning af varmelager.

Anlæg	Höglast	Låglast
1 : LD	1	2
2 : D	3	3

L: Må producere til lager
D: Dellast tilladt

STARTER

Anlæg	Antal starter
1 :	1
2 :	23

Energi- og
Miljødata's

KVDESIGN

Vers.: 5.21 Apr 96

Sydgas AB, Region Norr

Malmövägen 7

S-265 90 Åstorp

Tlf. 042 565 50

Dato :28/11/96

Tid : 1:51

Side :3

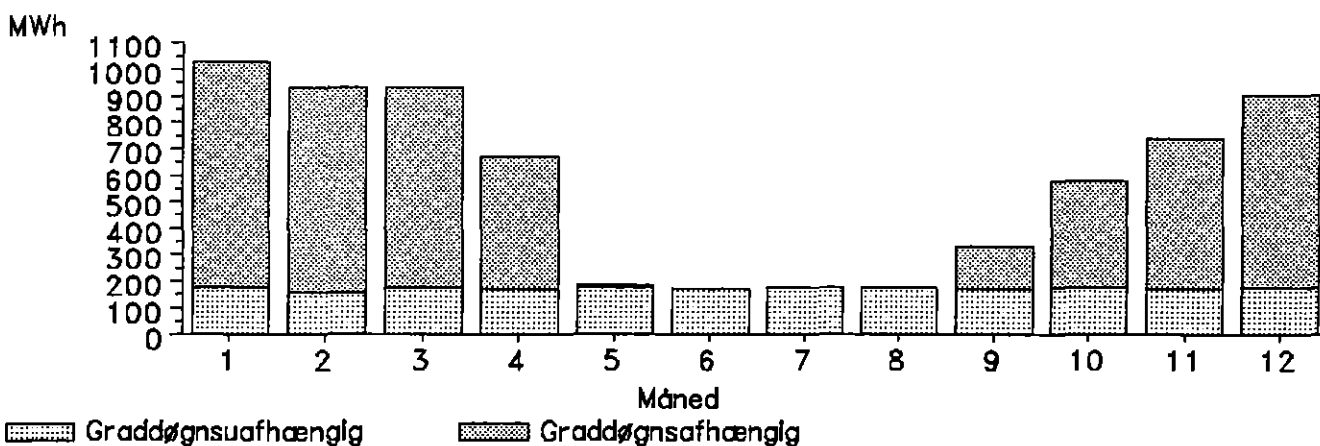
Ref. :Mats

KVDESIGN FALL 8.3.10

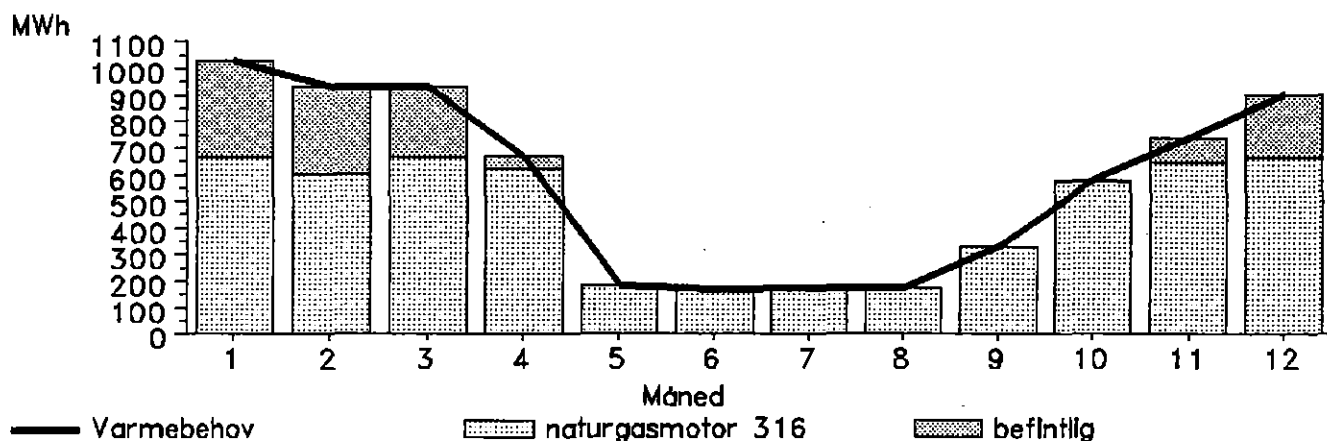
Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme

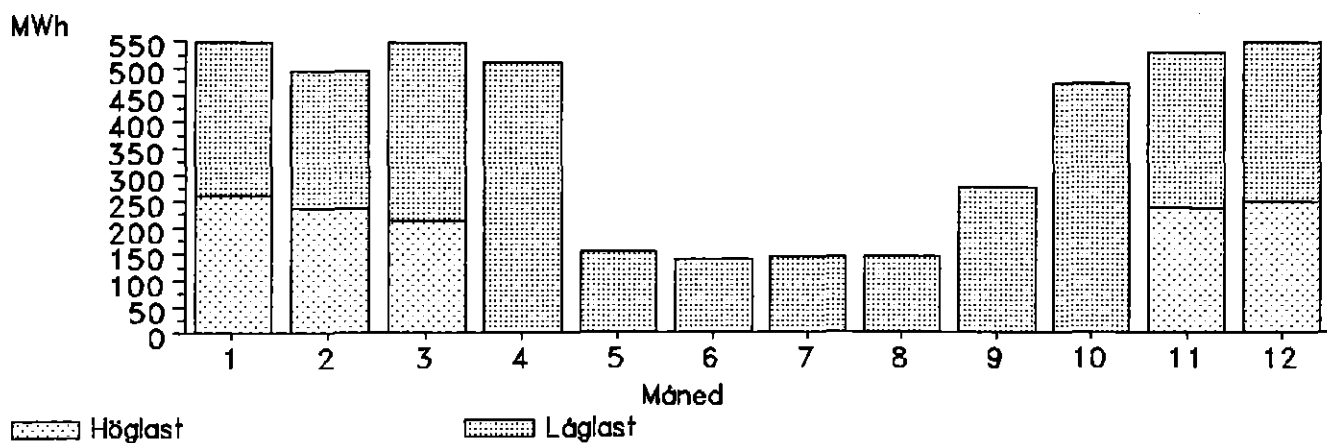
VARMEBEHOV



VARMEBEHOV OG -PRODUKTION



ELPRODUKTION



Energi- og
Miljødata's
KVDESIGN
Vers.: 5.21 Apr 96

Sydgas AB, Region Norr
Malmövägen 7
S-265 90 Åstorp
Tlf. 042 565 50

Dato :28/11/96
Tid : 1:51
Side :4
Ref. :Mats

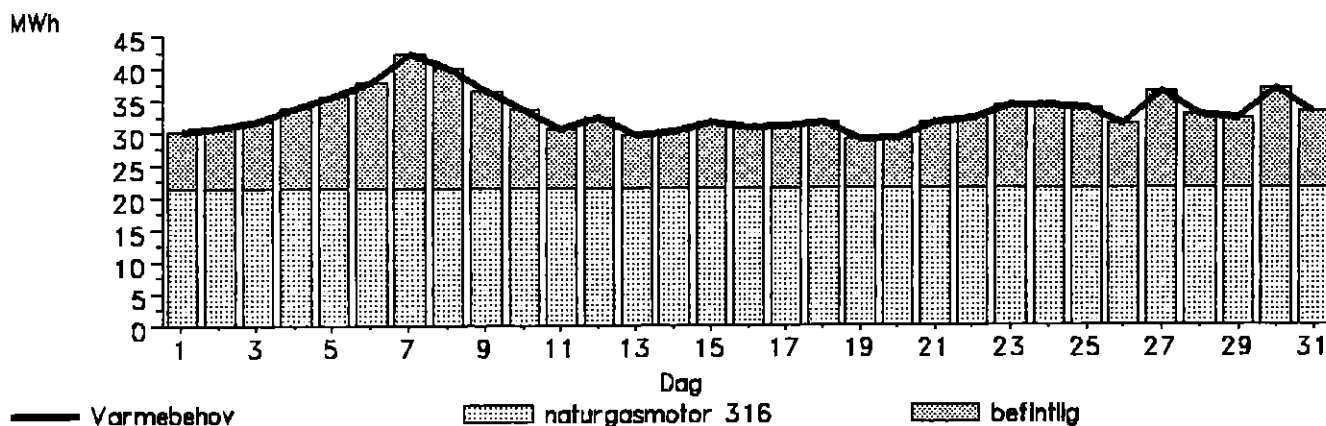
KVDESIGN FALL 8.3.10

Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme

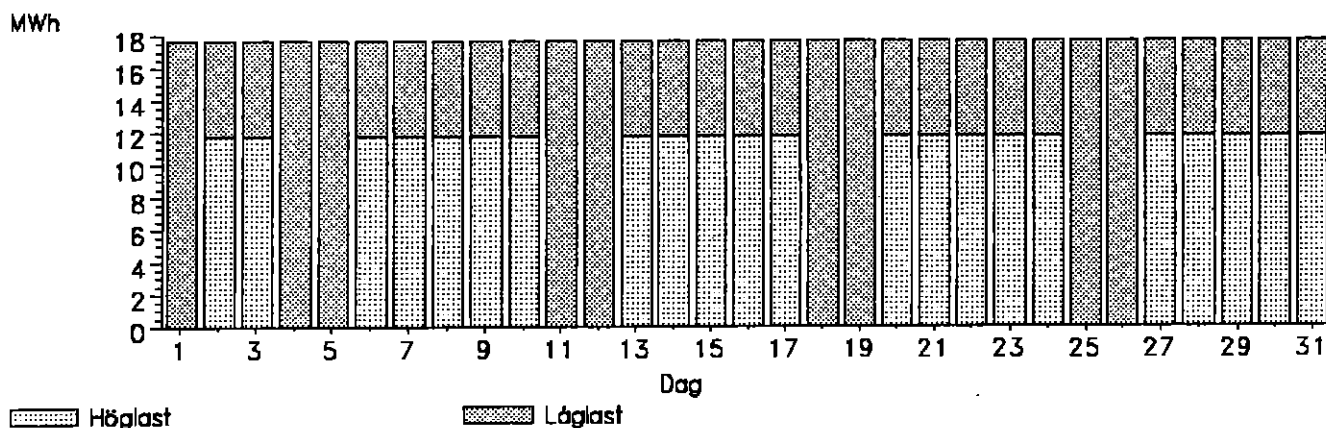
VARMEBEHOV OG -PRODUKTION

For Januar



ELPRODUKTION

For Januar



Energi- og
Miljødata's

KVDESIGN

Vers.: 5.21 Apr 96

Sydgas AB, Region Norr

Malmövägen 7

S-265 90 Åstorp

Tlf. 042 565 50

Dato :28/11/96

Tid : 1:51

Side :5

Ref. :Mats

KVDESIGN FALL 8.3.10

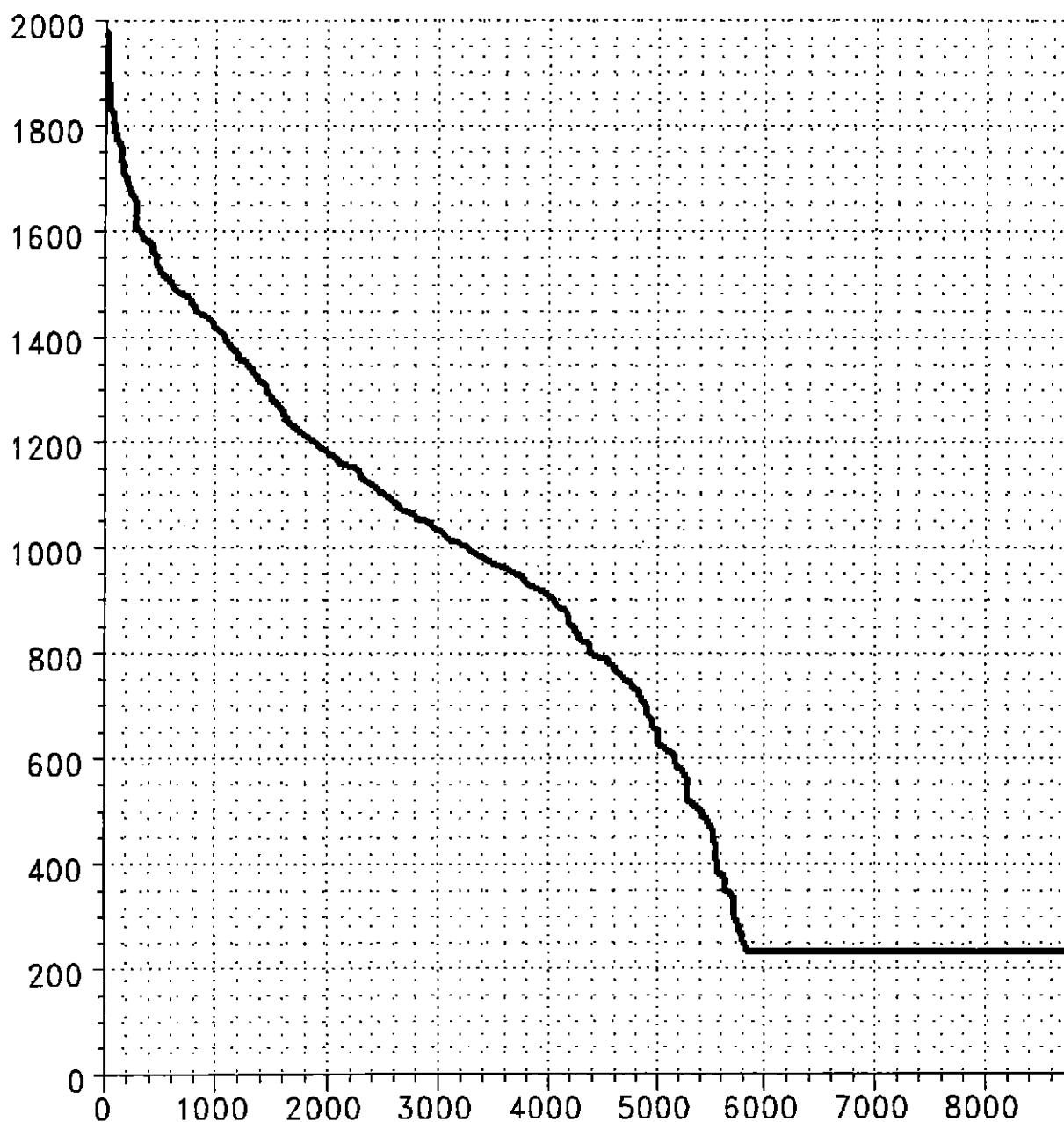
Mats Nilsson
LTH-MALMÖ

Kraftvärmeanläggning 736 kW el, 894 kW värme

VARIGHEDSKURVE FOR VARMEBEHOV

For hele året

kW



Timer

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Wärtsilä					
Modellbeteckning		16V175SG high eff.	12V25SG high eff.	12V25SG low NOx	16V25SG high eff.	16V25SG low NOx	18V28SG high eff.
Arbetsprincip		otto	otto	otto	otto	otto	otto
Antal cylindrar	(st)	16	12	12	16	16	18
Slaglängd	(mm)	186	300	300	300	300	320
Cylindervolym	(dm3)						
Kompressionsförhållande							
Medeltryck	(bar)		15	15	15	15	
Varvtal	(r/min)	1500	1000	1000	1000	1000	1000
Turbo		ja	ja	ja	ja	ja	ja
Generator		synkron	synkron	synkron	synkron	synkron	synkron
El verkningsgrad	(%)	33,7	40	39	40	39	41
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	1007	2100	2100	2800	2800	4500
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)	1050	2176	2176	2902	2902	4663

BILAGA.XLS

Modellbeteckning		se föregående sida					
ICWT	(C)	40	35	35	35	35	35
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	500	500	250	500	250	500
Reduceringsteknik		Lean burn	Lean burn	Lean burn	Lean burn	Lean burn	Lean burn
konverteras till annat bränsle		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Aggregatstorlek	(mm) l	8900	7800	7800	8900	8900	10125
	b	2100	2000	2000	2100	2100	2645
	h	3400	3400	3400	3400	3400	3705
Vikt motor	(ton)	7,4	17,6	17,6	22,1	22,1	63
Vikt anläggning totalt	(ton)	18,3	49,6	49,6	64,1	64,1	105
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.							

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Wärtsilä		NIIGATA			
Modellbeteckning		18V28SG low NOx	18V34SG low NOx	6L26HX-G	8L26HX-G	12L26HX-G	16L26HX-G
Arbetsprincip		otto	otto	otto	otto	otto	otto
Antal cylindrar	(st)	18	18	6	8	12	16
Slaglängd	(mm)	320	350	275	275	275	275
Cylinder diameter	(dm3)			260	260	260	260
Kompressionsförhållande							
Medeltryck	(bar)						
Varvtal	(r/min)	1000	750	1000	1000	1000	1000
Turbo		ja	ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Generator		synkron	synkron	synkron	synkron	synkron	synkron
El verkningsgrad	(%)	40,5	42	39,6	39,8	40	40
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	4500	5500	1025	1375	2050	2750
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)	4663	5670	1076	1432	2124	2850

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida					
ICWT (C)	35	35				
Emissioner av NOx (mg/Nm3)	250	500				
Reduceringsteknik	Lean burn	Lean burn	Lean burn	Lean burn	Lean burn	Lean burn
konverteras till annat bränsle	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Aggregatstorlek (mm) l	10125	11500	6008	7328	7488	8438
	b	2645	2780	1945	2050	2200
	h	3705	4650	3436	3436	3252
Vikt motor (ton)	63		11,5	14,8	18	23,3
Vikt anläggning totalt (ton)	105		23,3	29,4	37,2	44,7
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå						
Viktigt !						
Alla data enligt ISO 3046/1						
Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.						

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		NIIGATA				
Modellbeteckning		18L26HX-G	12V33CX-G	14V33CX-G	16V33CX-G	18V33CX-G
Arbetsprincip		otto	otto	otto	otto	otto
Antal cylindrar	(st)	18	12	14	16	18
Slaglängd	(mm)	275	360	360	360	360
Cylinder diameter	(dm3)	260	335	335	335	335
Kompressionsförhållande						
Medeltryck	(bar)					
Varvtal	(r/min)	1000	750	750	750	750
Turbo		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Generator		Synkron	Synkron	Synkron	Synkron	Synkron
El verkningsgrad	(%)	40	40	40	40	40
Total verkningsgrad	(%)					
Eleffekt	(kW)	3100	3375	3850	4500	5000
Värmeeffekt	(kW)					
Mek effekt	(kW)	3212	3497	3990	4663	5181

Modellbeteckning	se föregående sida				
ICWT	(C)				
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)				
Reduceringsteknik		Lean burn	Lean burn	Lean burn	Lean burn
konverteras till annat bränsle		Ja	Ja	Ja	Ja
Aggregatstorlek	(mm) l	9500	9520	10815	10880
	b	2200	2720	2720	2720
	h	3252	2530	2530	2530
Vikt motor	(ton)	27	47	52,5	58
Vikt generator	(ton)	51,9	19	21	22
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.					

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Waukesha					
Modellbeteckning		VHP9500 GSI	VHP9500 GL	VHP9500 G	VHP7100 GSI	VHP7100 GL	VHP7100 G
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	16	16	16	12	12	12
Slaglängd	(mm)	216	216	216	216	216	216
Cylinder diameter	(dm3)	238	238	238	238	238	238
Kompressionsförhållande		8,0:1	10,5:1	8,0:1	8,0:1	10,5:1	8,0:1
Medeltryck	(bar)						
Varvtal	(r/min)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Turbo		Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej
Generator							
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	1225	1225	850	920	920	635
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)	1282	1282	806	961	961	604

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida						
ICWT	(C)	29 C	29 C	29 C	29 C	29 C	29 C
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)						
Reduceringsteknik		Lean Burn			Lean Burn		
konverteras till annat bränsle							
Aggregatstorlek	(mm)	l					
		b					
		h					
Vikt motor	(ton)						
Vikt generator	(ton)						
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå							
Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.							

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Waukesha					
Modellbeteckning		VHP5900 GSI	VHP5900 GL	VHP5900 G	VHP5200 GSI	VHP5200 GL	VHP5200 G
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	12	12	12	12	12	12
Slaglängd	(mm)	216	216	216	191	191	191
Cylinder diameter	(dm3)	216	216	216	216	216	216
Kompressionsförhållande		8,2:1	10,0:1	10,0:1	10,0:1	10,5:1	8,2:1
Medeltryck	(bar)						
Varvtal	(r/min)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Turbo		Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej
Generator	(%)						
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	750	750	525	660	660	430
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)	790	790	550	697	697	455

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida				
ICWT	(C)	29 C	29 C	29 C	29 C
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)				
Reduceringsteknik		Lean burn		Lean burn	
konverteras till annat bränsle					
Aggregatstorlek	(mm)	l			
		b			
		h			
Vikt motor	(ton)				
Vikt generator	(ton)				
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.					

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Waukesha					
Modellbeteckning		VHP3600 GSI	VHP3600 GL	VHP3600 G	VHP2900 GSI	VHP2900 GL	VHP2900 G
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	6	6	6	6	6	6
Slaglängd	(mm)	216	216	216	216	216	216
Cylinder diameter	(dm3)	238	238	238	216	216	216
Kompressionsförhållande		8,0:1	10,5:1	10,0:1	8,0:1	10,0:1	10,0:1
Medeltryck	(bar)						
Varvtal	(r/min)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Turbo		Ja	Ja		Ja	Ja	
Generator	(%)						
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	450	450	315	375	375	260
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)	480	480	334	395	395	275

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida			
ICWT (C)	29 C	29 C	29 C	29 C
Emissioner av NOx (mg/Nm3)				
Reduceringsteknik	Lean burn		Lean burn	
konverteras till annat bränsle				
Aggregatstorlek (mm)	l			
	b			
	h			
Vikt motor (ton)				
Vikt generator (ton)				
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.				

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Waukesha					
Modellbeteckning		VGf48GL	VGf36GL	VGf24GL	VGf24G	VGf18GL	VGf18G
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	16	12	8	8	6	6
Slaglängd	(mm)	165	165	165	165	165	165
Cylinder diameter	(dm3)	152	152	152	152	152	152
Kompressionsförhållande		11,0:1	11,0:1	11,0:1	11,0:1	11,0:1	11,0:1
Medeltryck	(bar)						
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo		Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej
Generator	(%)						
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	625	470	310	180	230	135
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)						

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida						
ICWT	(C)	29 C	29 C	29 C	29 C	29 C	29 C
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)						
Reduceringsteknik		Lean burn	Lean burn	Lean burn		Lean burn	
konverteras till annat bränsle							
Aggregatstorlek	(mm)	l					
		b					
		h					
Vikt motor	(ton)						
Vikt generator	(ton)						
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.							

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Waukesha			
Modellbeteckning		F1197G	VS11GSI	F817G	VS11G
Arbetsprincip					
Antal cylindrar	(st)	6	6	6	6
Slaglängd	(mm)	165	145	152	145
Cylinder diameter	(dm3)	159	127	137	127
Kompressionsförhållande		9,0:1	10,0:1	9,0:1	10,0:1
Medeltryck	(bar)				
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500
Turbo		Nej	Ja	Nej	Nej
Generator	(%)				
El verkningsgrad	(%)				
Total verkningsgrad	(%)				
Eleffekt	(kW)	153	135	90	75
Värmeeffekt	(kW)				
Mek effekt	(kW)				

BILAGA.XLS

Modellbeteckning		se föregående sida			
ICWT	(C)	29 C	29 C	29 C	29 C
Emissioner av NOx		(mg/Nm3)			
Reduceringsteknik					
konverteras till annat bränsle					
Aggregatstorlek	(mm)	l			
		b			
		h			
Vikt motor	(ton)				
Vikt generator	(ton)				
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå					
Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.					

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Waukesha					
Modellbeteckning		12V-AT27 GL	12V-AT27 GL	12V-AT25 GL	12V-AT25 GL	8L-AT27 GL	8L-AT27 GL
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	12	12	12	12	8	8
Slaglängd	(mm)						
Cylinder diameter	(dm3)						
Kompressionsförhållande							
Medeltryck	(bar)						
Varvtal	(r/min)						
Turbo							
Generator	(%)						
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	2330	2220	1940	1840	1550	1480
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)						

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida						
ICWT	(C)	32	54	29	49	32	54
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)						
Reduceringsteknik							
konverteras till annat bränsle							
Aggregatstorlek	(mm)	l					
		b					
		h					
Vikt motor	(ton)						
Vikt generator	(ton)						
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.							

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Jenbacher						
Modellbeteckning		JMS 208 GS-NL	-212 GS-NL	-312 GS-NL	-316 GS-NL	-320 GS-NL	-612 GS-NL	-616 GS-NL
Arbetsprincip								
Antal cylindrar	(st)							
Slaglängd	(mm)							
Cylinder diameter	(dm3)							
Kompressionsförhållande								
Medeltryck	(bar)	14	15,62	15,62	15,62	15,62	14	14
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo								
Generator	(%)	96,2	96,7	96,7	96,8	97,1	97,1	97,1
El verkningsgrad	(%)	36	37	39	39	40	39	39
Total verkningsgrad	(%)	88	88	89	89	89	86	86
Eleffekt	(kW)	280	470	551	736	922	1272	1696
Värmeeffekt	(kW)	400	652	715	947	1185	1524	2013
Mek effekt	(kW)	291	486	570	760	950	1310	1747

BILAGA.XLS

Modellbeteckning		se föregående sida						
ICWT	(C)	70	70	70	70	70	40	40
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Reduceringsteknik		leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn
konverteras till annat bränsle								
Aggregatstorlek	(mm)	l						
		b						
		h						
Vikt motor	(ton)							
Vikt generator	(ton)							
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå								
Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.								

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Jenbacher				
Modellbeteckning		JMS 208 GS-NL	-212 GS-NL	-312 GS-NL	-316 GS-NL	-320 GS-NL
Arbetsprincip						
Antal cylindrar	(st)					
Slaglängd	(mm)					
Cylinder diameter	(dm3)					
Kompressionsförhållande						
Medeltryck	(bar)	15,6	17	17	17	17
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo						
Generator	(%)	96,0	96,4	96,8	96,9	97,0
El verkningsgrad	(%)	37	38	39	39	39
Total verkningsgrad	(%)	81	86	87	87	87
Eleffekt	(kW)	311	510	601	801	1003
Värmeeffekt	(kW)	384	664	749	1012	1263
Mek effekt	(kW)	324	529	621	827	1034

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida				
ICWT	(C)	40	40	40	40
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	< 500	< 500	< 500	< 500
Reduceringsteknik		leanburn	leanburn	leanburn	leanburn
konverteras till annat bränsle					
Aggregatstorlek	(mm)	l			
		b			
		h			
Vikt motor	(ton)				
Vikt generator	(ton)				
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå					
Viktigt !					
Alla data enligt ISO 3046/1					
Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.					

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Jenbacher						
Modellbeteckning		JMS 208 GS-NL	-212 GS-NL	-312 GS-NL	-316 GS-NL	-320 GS-NL	-612 GS-NL	-616 GS-NL
Arbetsprincip								
Antal cylindrar	(st)							
Slaglängd	(mm)							
Cylinder diameter	(dm3)							
Kompressionsförhållande								
Medeltryck	(bar)	12,74	14	14	14	14	14	14
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo								
Generator	(%)	95,8	96,8	96,9	96,5	96,9	97,1	97,1
El verkningsgrad	(%)	35	35	38	38	38	38	38
Total verkningsgrad	(%)	87	87	87	88	88	85	85
Eleffekt	(kW)	253	422	495	657	826	1272	1696
Värmeeffekt	(kW)	378	622	654	865	1084	1612	2092
Mek effekt	(kW)	264	436	511	681	852	1310	1747

BILAGA.XLS

Modellbeteckning	se föregående sida							
ICWT	(C)	70	70	70	70	70	40	40
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250
Reduceringsteknik		leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn
konverteras till annat bränsle								
Aggregatstorlek	(mm)	I						
		b						
		h						
Vikt motor	(ton)							
Vikt generator	(ton)							
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.								

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Perkins						
Modellbeteckning		2006-SI	2006-TSI	3008-SI	3012-SI	4006-TESI	4008-TESI	4012-TESI
Arbetsprincip		Fyrtakt	Fyrtakt	Fyrtakt	Fyrtakt	Fyrtakt	Fyrtakt	Fyrtakt
Antal cylindrar	(st)	6	6	8	12	6	8	12
Slaglängd	(mm)	152,4	152,4	152	152	190	190	190
Cylinder diameter	(dm3)	12,17	12,17	17,4	26,11	22,92	30,56	45,84
Kompressionsförhållande		12,0:1	10,0:1	12,0:1	12,0:1	9,5:1	9,5:1	9,5:1
Medeltryck	(bar)							
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo		Nej	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
Generator	(%)	90	92,1	91,9	92,1	93,2	94,0	94,9
El verkningsgrad	(%)							
Total verkningsgrad	(%)							
Eleffekt	(kW)	108	152	147	221	300	404	600
Värmeeffekt	(kW)							
Mek effekt	(kW)	120	165	160	240	322	430	632

BILAGA.XLS

Modellbeteckning		se föregående sida						
ICWT	(C)	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ja	Ja	Ja
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)					< 200 *	< 200 *	< 200 *
Reduceringsteknik		* Dessa motorer finns även med missionsnivåerna < 140g/GJ och < 90g/GJ						
konverteras till annat bränsle								
Aggregatstorlek	(mm) l	1604	1515	1192	1549	2065	2655	2650
	b	853	732	1140	965	1345	1485	1895
	h	1146	1269	1250	1542	1555	1565	1860
Vikt motor	(kg)	1082	1082	1495	2045	2420	3350	4680
Vikt generator	(ton)							
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå								
Viktigt !								
Alla data enligt ISO 3046/1								
Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.								

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Perkins	Caterpillar					
Modellbeteckning		4016- TESI	G3304-NA	G3304-NA	G3306-NA	G3306-NA	G3406-NA	G3408- NA
Arbetsprincip		Fyrtakt						
Antal cylindrar	(st)	16	4	4	6	6	6	8
Slaglängd	(mm)	190						
Cylinder diameter	(dm3)	61,23						
Kompressionsförhållande		9,5:1	Låg	Hög	Låg	Hög	Hög	Hög
Medeltryck	(bar)							
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo		Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Generator	(%)	95,2	80,4	87,3	85,4	87,6	90,6	92,3
El verkningsgrad	(%)							
Total verkningsgrad	(%)							
Eleffekt	(kW)	800	45	55	70	85	125	155
Värmeeffekt	(kW)							
Mek effekt	(kW)	840	56	63	82	97	138	168

BILAGA.XLS

Modellbeteckning		se föregående sida						
ICWT	(C)	Ja	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	< 200 *	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Reduceringsteknik			leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn
konverteras till annat bränsle								
Aggregatstorlek	(mm) l	3195						
	b	1895						
	h	2118						
Vikt motor	(kg)	5820						
Vikt generator	(ton)							
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.								

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Caterpillar					
Modellbeteckning		G3306-TA	G3406-TA	G3406-TA	G3408-TA	G3408-TA	G3412-TA
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	6	6	6	8	8	12
Slaglängd	(mm)						
Cylinder diameter	(dm3)						
Kompressionsförhållande							
Medeltryck	(bar)	Hög	Hög	Låg	Hög	Låg	Hög
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Generator	(%)	90,6	92,1	92,1	91,1	91,1	92,6
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	125	210	210	255	255	390
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)	138	228	228	280	280	421

Modellbeteckning		se föregående sida					
ICWT	(C)	32	32	32	32	32	32
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Reduceringsteknik		leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn
konverteras till annat bränsle							
Aggregatstorlek	(mm)	l					
		b					
		h					
Vikt motor	(kg)						
Vikt generator	(ton)						
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå							
Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.							

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Caterpillar					
Modellbeteckning		G3508-NA	G3508-TA	G3512-NA	G3512-TA	G3516-NA	G3516-TA
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	8	8	12	12	16	16
Slaglängd	(mm)					190	190
Cylinder diameter	(dm3)					69	69
Kompressionsförhållande							
Medeltryck	(bar)	Låg	Hög	Låg	Hög	Låg	Hög
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo		Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja
Generator	(%)						
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	240	505	435	760	555	1020
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)						

BILAGA.XLS

Modellbeteckning		se föregående sida					
ICWT	(C)	Ingen	32	Ingen	32	Ingen	32
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250
Reduceringsteknik		leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn
konverteras till annat bränsle							
Aggregatstorlek	(mm)	l					
		b					
		h					
Vikt motor	(kg)						
Vikt generator	(ton)						
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå							
Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.							

BILAGA.XLS

Motorfabrikat		Caterpillar					
Modellbeteckning		G3406-TA	G3408-TA	G3412-TA	G3508-TA	G3512-TA	G3516-TA
Arbetsprincip							
Antal cylindrar	(st)	6	8	12	8	12	16
Slaglängd	(mm)						
Cylinder diameter	(dm3)						
Kompressionsförhållande		Låg	Låg	Låg	Hög	Hög	Hög
Medeltryck	(bar)						
Varvtal	(r/min)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Turbo		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Generator	(%)						
El verkningsgrad	(%)						
Total verkningsgrad	(%)						
Eleffekt	(kW)	185	225	345	450	675	910
Värmeeffekt	(kW)						
Mek effekt	(kW)						

BILAGA.XLS

Modellbeteckning		se föregående sida					
ICWT	(C)	70	70	70	70	70	70
Emissioner av NOx	(mg/Nm3)	<500	<500	<500	<250	<250	<250
Reduceringsteknik		leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn	leanburn
konverteras till annat bränsle							
Aggregatstorlek	(mm)	I					
		b					
		h					
Vikt motor	(kg)						
Vikt generator	(ton)						
* ICWT = Inter cooler water temperature. Anges med ingen(finns ej inter cooler), ja eller en temp. nivå							
Viktigt ! Alla data enligt ISO 3046/1 Obesvarade frågor från leverantör visas med tom ruta.							

97-03-13

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Driftekniska Instit. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100

97-03-13

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projekt. AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödning i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen AF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumf Triumf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150

97-03-13

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150
037	Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.	Jun 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
038	NOx-reduktion genom reburning med naturgas. Fullskaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Organisationer med koppling till gasteknisk utvecklingsverksamhet	Feb 94	Jörgen Thunell SGC	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med läggingsbox.	Nov 93	Göran Lustig Elektro Sandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör.	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastindustrin, handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material ledningar för gasdistribution.	Dec 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
045	Metoder att höja verkningsgraden vid avgaskondensering	Dec 93	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	150
046	Gasanvändning i målerier	Dec 93	Charlotte Rehn et al Sydkraft Konsult AB	150
047	Rekuperativ aluminiumsmältugn. Utvärdering av degelugn på Värnamo Pressgjuteri.	Okt 93	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
048	Konvertering av dieseldrivna reservkraftverk till gasdrift och kraftvärmeprod	Jan 94	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult AB	150
049	Utvecklad teknik för gasinstallationer i småhus	Feb 94	P Kastensson, S Ivarsson Sydgas AB	150
050	Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)	Dec 93	Ulf Nilsson m fl LTH	150

97-03-13

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
051	Nordiska Degelugnsprojektet. Pilot- och fältförsök med gasanvändning.	Nov 93	Eva-Maria Svensson Glafo	150
052	Nordic Gas Technology R&D Workshop. April 20, 1994. Proceedings.(På engelska)	Jun 94	Jörgen Thunell, Editor Swedish Gas Center	150
053	Tryckhöjande utrustning för gas vid metallbearbetning -- En förstudie av GT-PAK	Apr 94	Mårten Wärnö MGT Teknik AB	150
054	NOx-reduktion genom injicering av naturgas i kombination med ureainsprutning	Sep 94	Bent Karll, DGC P Å Gustafsson, Miljökons.	100
055	Trevägs-katalysatorer för stationära gasmotorer.	Okt 94	Torbjörn Karlelid m fl Sydkraft Konsult AB	150
056	Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålare	Nov 94	Johansson, M m fl Lunds Tekniska Högskola	150
057	Läckagedetekteringssystem i storskaliga gasinstallationer	Dec 94	Fredrik A Silversand	150
058	Demonstration av låg-NOx-brännare i växthus	Feb 95	B Karll, B T Nielsen Dansk Gasteknisk Center	150
059	Marknadspotential naturgaseldade industriella IR-strålare	Apr 95	Rolf Christensen Enerkon RC	150
060	Rekommendationer vid val av flexibla insatsrör av rostfritt i villaskorstenar	Maj 95	L Hedeén, G Björklund Sydgas AB	50
061	Polyamidrör för distribution av gasol i gasfas. Kunskapssammanställning	Jul 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
062	PE-rörs tålighet mot yttre påverkan. Sammanställning av utförda praktiska försök	Aug 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
063	Naturgas på hjul. Förutsättningar för en storskalig satsning på NGV i Sverige	Aug 95	Naturgasbolagens NGV- grupp	150
064	Energieffektivisering av större gaseldade pannanläggningar. Handbok	Aug 95	Lars Frederiksen Dansk Gasteknisk Center	200
065	Förbättra miljön med gasdrivna fordon	Aug 95	Göteborgs Energi m fl	150
066	Konvertering av oljeeldade panncentraler till naturgas. Handbok.	Nov 95	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	150

97-03-13

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
067	Naturgasmodellen. Manual för SMHI:s program för beräkn av skorstenshöjder	Dec 95	Tingnert B, SKKB Thunell J, SGC	150
068	Energigas och oxyfuelteknik	Dec 95	Ingemar Gunnarsson Energi-Analys AB	150
069	CO ₂ -gödsling med avgaser från gasmotor med katalysator	Dec 95	Bent Karll Dansk Gasteknisk Center	150
070	Utvärdering av naturgasförbränning i porösa bäddar	Mar 96	Henric Larsson Lunds Tekniska Högskola	150
071	Utvärdering av naturgasdrivna IR-boostar i ugn för pulverlackering	Nov 95	Ole H Madsen Asger N Myken	150
072	Sammanställning av emissionsdata från naturgas-, biogas- o motorgasdrivna fordon	Jun 96	Hans-Ake Maltesson Svenskt Gastekniskt Center AB	150
073	Livslängdsbestämning för PE-rör för gasdistribution (EVOPE-projektet)	Jul 96	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	100
074	Gasblandningar för fordonsdrift. Idéstudie.	Aug 96	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
075	Gasbranschens miljöhandbok	Sep 96	Jörgen Thunell Svenskt Gastekniskt Center	500
076	Låg-NO _x -teknik för gasdrivna processer - dagsläge	Okt 96	Mikael Näslund, LTH	150
077	Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB 50-projektet	Dec 96	K-E Egeback Roger Westerholm	150
078	Uppvärmning med gas i svenska småhus - erfarenheter och framtida teknikval	Nov 96	Mikael Näslund, LTH	150
079	Handledn. för inst av gaseldade IR-värmare. Rådgivning, analys och genomförande	Jan 97	Pär Dalin, DITAB	150
080	Mikrokraftvärmeverk med Stirlingmotor	Jan 97	Tomas Nilsson Lunds Tekniska Högskola	150
081	Naturgasbaserad småskalig kraftvärme inom uppvärmningssektorn	Feb 97	Mats Nilsson LTH/MALMO	150
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi	50

97-03-13

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
A02	Uppföljning av gaseldade luftvärmare vid Arlövs Sockerraffinaderi	Jul 95	Rolf Christensen Enercon RC	50
A03	Gasanvändning för färjedrift. Förstudie (Endast för internt bruk)	Jul 95	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult	0
A04	Bussbuller. Förslag till mätprogram	Jun 95	Ingemar Carlsson Ecotrans Teknik AB	50
A05	Värmning av vätskor med naturgas - Bakgrund till faktablad	Okt 95	Rolf Christensen Enerkon RC	50
A06	Isbildning i naturgasbussar och CNG-system (Endast för internt bruk)	Nov 95	Volvo Aero Turbines Sydgas, SGC	0
A07	Större keramisk fiberbrännare. Förstudie	Jan 96	Per Carlsson Sydkraft Konsult	50
A08	Reduktion av dioxin, furan- och klorfenoler vid avfallsförbränning	Maj 96	H Palmén, M Lampinen et al Helsingfors Tekniska Högskola	50
A09	Naturgas/mikrovågsteknik för sintring av keramer	Maj 96	Anders Röstin, KTH	50
A10	NOx-reduktion genom naturgasinjektion o reburning. Demoprojekt på Knudmoseverket	Apr 96	Jan Flensted Poulsen Völund R & D Center	50
A11	Direktorkning av socker med naturgas (Endast för internt bruk)	Jul 96	Rolf Christensen Enerkon RC	0
A12	Uppföljning, installation av gaspanna med avgaskondensor, kv Hornblåsaren 6, Råå	Sep 96	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	50



Svenskt Gastekniskt Center AB

S-205 09 MALMÖ
Telefon: 040-24 43 10
Telefax: 040-24 43 14

KFS AB, LUND