Afprøvning af Stenovne

Foretaget af
Peder Andresen D.T.I. &
Ovnsætter Lars Helbro

Projektet blev støttet af energistyrelsen

Indholdsfortegnelse

afd.1

side 3……..Indledning v. Lars Helbro

side 4…….beskrivelser af ovne & hus

side 5……..principskitse af stenovn

side 6……...plantegning af huset hvori målingerne fandt sted

afd.2 ……....D.T.I.s rapport v. Peder Andreasen

side 2……... …..Indledning

side2-3……..Udførelse

side 4……...…..Målinger

side 6…….Måleresultater

side 8...……..Beregninger (Virkningsgrad)

side 9…… ……..Beregningsresultater

side 10……..Vurdering af resultater

side11……...Bemærkninger

bilag 1 side 1-22……...Grafisk fremstilling

afd.3

side 1…….Vurdering af resultaterne v.Lars Helbro

Appendix a…… Temperaturmålinger julen 95 foretaget af Lars Helbro m. eget udstyr

Appendix b……. Sekundær ydelse komfur målt og beregnet af LH m.eget udstyr

appendix c…….. Forklaring til graferne i DTI´s rapport

Fotos: L.H.

For- og bagsidefotos: For- og bagside af den store stenovn som dette måleprogram omhandler.

Afd. 1.

Udsnit af måle udstyr opstillet i alrum

Indledning v. Lars Helbro:

Stenovne som vi kender dem i dag i Danmark, er egentlig en videreudvikling af tidligere tiders åbne murede kaminer. Denne udvikling har dog ikke hidtil (før 1989) fundet sted i Danmark.
I Sverige udviklede Wrede & Chronstedt under Gustav d.3. den kendte høje kakkelovn "Chron-spisen" som stadig produceres stort set uforandret.
I Finland har især Heikki Hyytiäinen igennem 80erne videreudviklet kraftigt på de store finske og russiske masseovne. Hans udvikling har primært gået på forbrændingsteknikken og holdbarheden, og hans resultater, som man kan stifte nærmere bekendtskab med i bogen "Finnish Fireplaces" er bemærkelsesværdige.

I 1989 præsenterede han sine resultater i DK, og efterfølgende har flere taget idéen op og opført en lang række stenovne, enten direkte efter hans princip, eller, som de her afprøvede ovne er et eksempel på, en yderligere videreudvikling heraf.

Siden 89 er der blevet bygget et pænt antal stenovne i DK. Dels af en lille håndfuld ovnsættere undervist af Heikki Hyytiäinen og Canadieren Doug Wood (heriblandt undertegnede), - dels af selvbyggere undervist af disse ovnsættere.
Det nøjagtige antal ovne i DK. på nuværende tidspunkt er derfor ukendt, men et forsigtigt gæt fra min side er ca. 300.

Anledningen til dette måleprogram var dels, at få "blåstemplet" disse ovnes kvaliteter, dels at få indikeret betydningen af et lufttæt spjæld imellem en stenovn og den tilsluttede skorsten, en konstruktion som efter bygningsreglementet ikke er lovlig i dag.
Som denne rapport vil vise, er vi i det dilemma, at vi her har et ildsted som bygger på en teknologi som kan præstere nogle meget fine resultater hvad angår høj effektivitet og lav miljøbelastning (alle andre kvaliteter ufortalt), men som samtidig falder helt udenfor den eksisterende lovgivning.
Forhåbentlig vil denne rapport kunne medvirke til at ændre på dette.

De overordnede principper for disse ovne:
Et kortvarigt (1-2timer) heftigt bål som afleverer en forholdsvis stor varmeydelse til en omgivende stenmasse. Stenmassen afgiver herefter en lav varmeydelse i væsentlig længere tid (24timer) til omgivelserne.
Således kan man opnå gode betingelser for en ren forbrænding, idet ovnene, indenfor visse grænser, altid kan arbejde ved nominel effekt, såvel som en god tilpasning til det almindelige varmebehov i et enfamiliehus, idet varmeafgivelsen reguleres ved varigheden af det daglige bål.
Herudover kan man forvente en rimelig omhyggelig pasning af ovnen. Dels er ovnen overordentlig nem at betjene, dels begrænser betjeningen sig til et kort, og næsten valgfrit, tidsrum af døgnet hvor ovnen oftest også vil være under konstant opsyn, da den for de fleste også er leverandør af daglig hygge. Pasningen vil derfor sjældent være noget brugeren sjusker med, da det ikke opleves som arbejds- eller tidskrævende.

Beskrivelse af ovne og hus

Beskrivelse af de målte ovne:

De ovne dette måleprogram omfatter er dels en videreudvikling af Heikki´s princip, dels et stenkomfur af egen opskrift, dog kraftigt inspireret af principperne fra de store ovne.

Den store ovn er af typen "1-skinds", hvilket vil sige, at det yderste lag består af en halvstensvæg,
("1,5 skinds" ovne som der også bygges i DK har her 2 lag murværk adskilt af et tyndt isolerende lag mineraluld).
At 1-skinds typen er valgt, skyldes at den efter min mening bedst passer i varmeafgivelse til langt hovedparten af danske huses aktuelle varmebehov, hvilket måleresultaterne også kan siges at give en vis indikation af.
Den væsentligste afvigelse fra Heikki´s "opskrift" består i en anderledes udformning af det øverste forbrændingskammer.
Denne afvigelse har 2 formål;
1) at øge muligheden for en ren forbrænding samt at kunne opnå dette hurtigere efter optænding,
2) at kunne spare lidt højde på den færdige ovn, hvilket hovedsageligt har arkitektonisk værdi.

Komfuret, som er af undertegnedes egen opskrift, er ligeledes af typen 1-skinds, og er opbygget med sigte på en ren forbrænding og høj effektivitet som varmekilde, men bestemt også med sigte på at det samtidigt skal kunne fungere som et effektivt og komfortabelt madlavningsredskab.
Som det senere vil fremgå, vil kravet om det sidste muligvis sætte en grænse for at opnå det første med lige så fornemme resultater som på den store ovn.
Dette måleprogram har dog allerede givet inspiration til et videre arbejde med at komme tættere til opfyldelsen af begge mål.

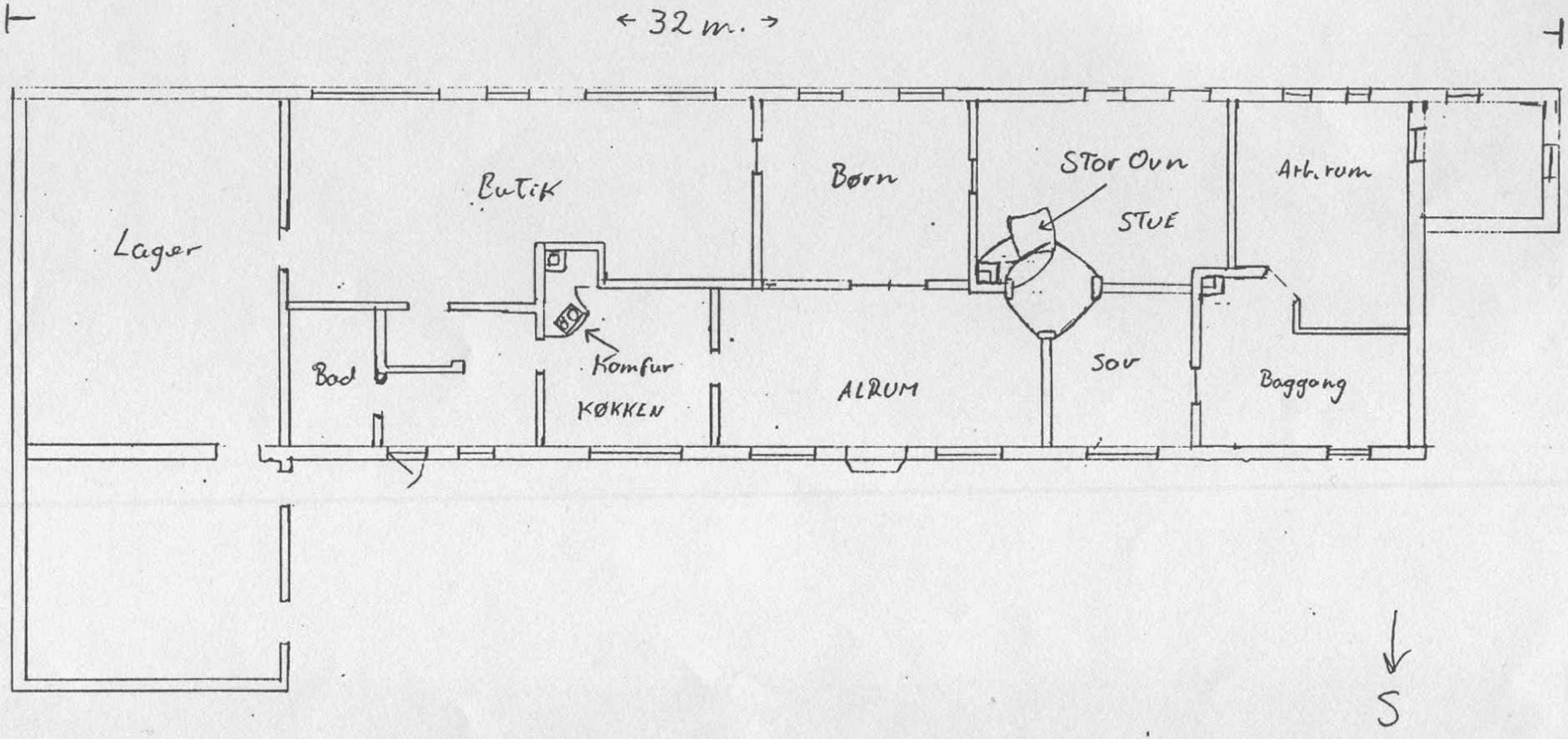
Det bør nok præciseres, at resultaterne af dette måleprogram ikke ukritisk kan anvendes til vurdering af andre stenovntypers egenskaber, herunder ovne bygget efter det originale finske princip, og ovne med en anden tykkelse eller udførelse af ydervæggene.

Beskrivelse af huset som ovnene er opstillet i:

Huset er en gammel købmandsgård fra 1860, opført i "hønsemøg og kampesten". Huset er stort set uisoleret, på nær loftsetagen hvor der på gulvet er spredt mineralulds smulder i en tykkelse af ca.10cm.
Det opvarmede areal udgør dels 98m2, som opvarmes til normal stuetemperatur, dels ca.-60m2 som opvarmes til 15-18Co (arbejdstemperatur).

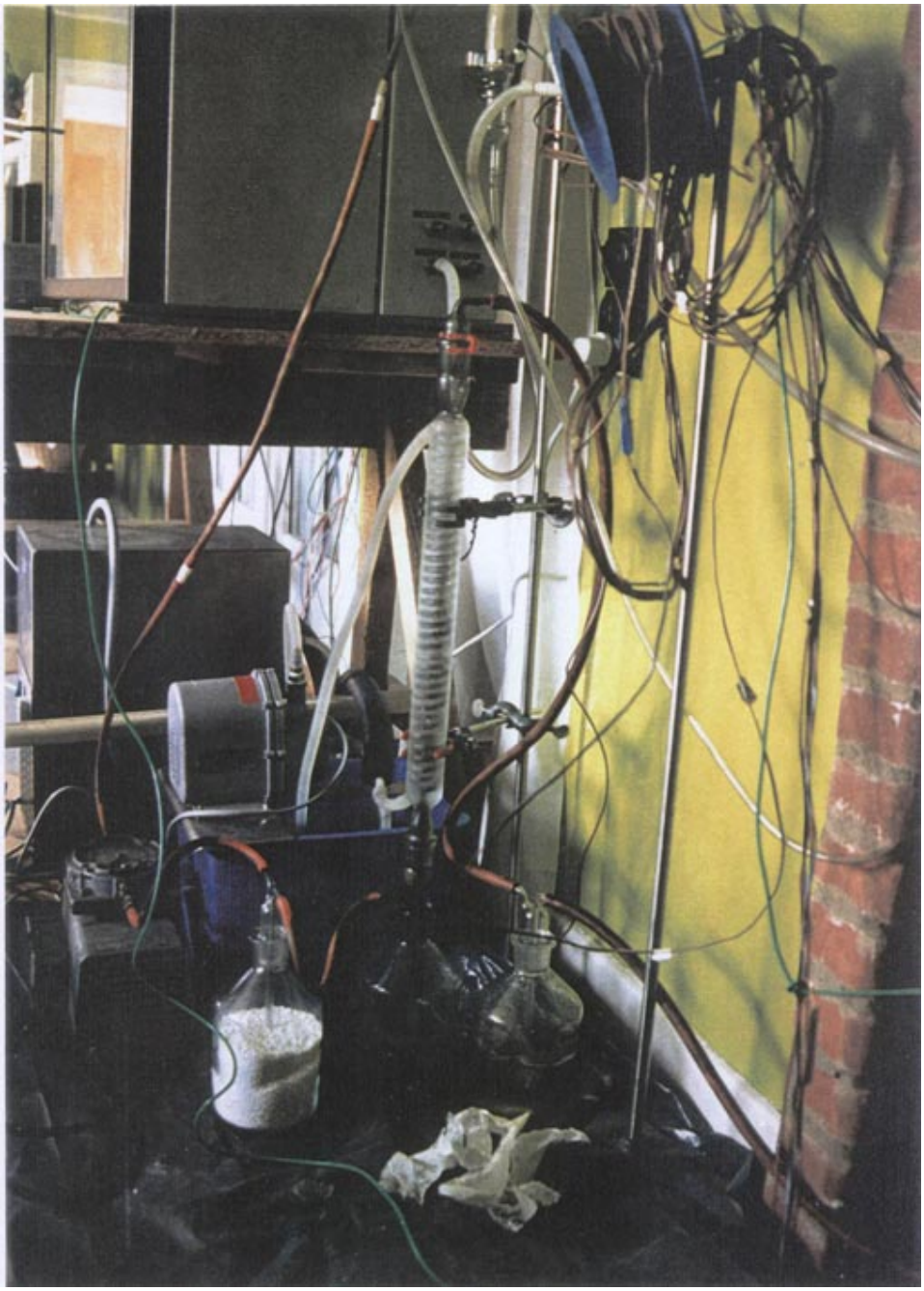
Huset blev tidligere opvarmet med oliefyret centralvarme, og forbruget var dengang 4.500 - 5000ltr. olie pr. år, huset er altså bestemt ikke noget lavenergihus.

Forbruget af brænde i fyringssæsonen 95-96 blev 14 rum mtr. bøg, hvilket omregnet giver et lidt lavere kwt. forbrug. Årsagen til denne besparelse (som ikke har givet anledning til forringet varmekomfort - tvært imod) kan bl.a. findes i dårligt isolerede centralvarmerør placeret i loftsetagen, som altså ikke anvendes mere.



Plantegning af huset
ovnene er placeret i

Afd.2.



Det syder og bobler....

MÅLERAPPORT - *DTI*

ELAB-0151 Side: 1 af 11

Init: PRA/MRI Sagsnummer: 270-6-0402 Antal bilag: 1

Dato: 1996.07.05 Rapport nr.: **Rekvirent:**
Kontaktperson: Lars Helbro
Firma: Ovnsætter Lars Helbro
Adresse: Lyngbyvej 51, St. Brøndum
By: 9520 Skørping
Tlf: 9833 9218 Fax: 9833 9218

Emne:
Masseovn og stenkomfur
Fabrikat: Lars Helbro Type: Stenovne
Nominel effekt: Se side 10 Brændsel: Træ

Terminer: Emne modtaget: Afprøvning foretaget på opstillingsstedet
Emne prøvet: April 1996

Procedure: Se efterfølgende sider.

Resultat: Se efterfølgende sider.

Bemærkninger: Se side 11

Vilkår: Prøvningen er udført på omstående vilkår. Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag, hvis det enten er offentligt tilgængeligt eller, hvis laboratoriet har godkendt uddraget.

Sted: DTI Energi / ENERGILABORATORIET-ÅRHUS

Underskrift: Peder Andreasen
Ingeniør

1. INDLEDNING

Denne målerapport omhandler en serie målinger, som Dansk Teknologisk Institut har foretaget på en finsk masseovn og et stenkomfur. Måleopgaven blev udført for ovnsætter Lars Helbro, Lyngbyvej 51, St. Brøndum, og er en del af et projekt, som Lars Helbro har gennemført med støtte fra Energistyrelsen.

Målingerne er foretaget på to ovne opført af Lars Helbro i hans private bolig på Lyngby-vej 51, St. Brøndum, og blev udført i sidste halvdel af april måned 1996.

Det primære formål med målingerne var at bestemme stenovnenes forbrændingstekniske egenskaber ved nominel ydelse og for masseovnens vedkommende endvidere at verificere den sekundære ydelse som funktion af tiden.

Der blev gennemført fem forsøg med masseovnen og to forsøg med stenkomfuret - i det efterfølgende kaldt forsøg nr. 1-7. Alle forsøgene startede med en optænding med kold ovn og efterfølgende påfyringer. På stenkomfuret sluttede forsøgene, når den afvejede brændselsmængde var påfyret og udbrændt, mens forsøgene med masseovnen også omfattede den efterfølgende periode, hvor stenmassen afgiver den akkumulerede varme.

2. UDFØRELSE

2.1 Brænde

Til begge ovne blev der anvendt skovbrænde med en længde på 25-33 cm og en stykvægt i intervallet 0,5-1,2 kg svarende til normal eller typisk kløvningsgrad.
.
Forsøg nr. 1 og 2 på masseovnen blev foretaget med grantræ som brændsel. Alle øvrige forsøg inkl. komfuret blev foretaget med bøgebrænde.

Vandindholdet i brændet varierede mellem 15 og 25 %. Se under resultater.

2.2 Fyring

Til forsøgene med masseovnen blev der påfyret 15 kg brænde inkl. optænding, og til forsøgene med komfuret blev der påfyret 10 kg inkl. optænding.

Optænding blev foretaget med sammenkrøllet avispapir og normale brændestykker. Optændingsmængden i forsøg nr. 1 og 2 med masseovnen udgjorde knap halvdelen af brændemængden, og resten blev fordelt på to påfyringer.

I forsøg nr. 3 blev optændingen foretaget med ca. 1/3 af brændemængden, og resten blev fordelt på tre påfyringer.

Til optænding i 4. og 5. forsøg blev der anvendt en mindre brændemængde, og resten blev fordelt på fire påfyringer.

Optændingen i komfuret blev foretaget med 2-3 kg brænde, og i forsøg nr. 6 blev resten fordelt på fire påfyringer, mens der i forsøg nr. 7 blev påfyret seks gange.

Tidspunktet for påfyringen var i de første forsøg bestemt af sædvane, mens der i de efterfølgende også blev skelet til CO- og CO2-indholdet i røggassen.

Sluttidspunktet for afbrændingen er ikke veldefineret, men som kriterium blev valgt det tidspunkt, hvor der kun var et lille glødelag tilbage, og hvor indholdet af CO2 var i størelsesordenen 1-2 %.

2.3 Indstillinger

Masseovnen er forsynet med primært og sekundært forbrændingsluftspjæld. Ved forsøg nr. 1 og 2 blev forskellige ventilindstillinger afprøvet. Forsøg nr. 3, 4 og 5 blev udført med fuldt åbent primært luftspjæld og sekundært luftspjæld lukket.

Optænding og afbrænding blev foretaget med fuld åben askelåge.

Begge ovne var forsynet med et røggasspjæld, som i afbrændingsfasen var fuldt åbent. I forsøg nr. 4 med masseovnen blev røggasspjældet lukket til ca. 20 % åbningsareal efter afbrændingsfasen. I de øvrige forsøg blev spjældet helt lukket efter afbrændingsfasen.

2.4 Bundrist

Begge ovne kan forsynes med bundrist i sten eller støbejern.

På masseovnen blev forsøg nr. 1, 2 og 5 udført med stenrist og nr. 3 og 4 med støbejerns-rist.

På stenkomfuret blev forsøg nr. 6 udført med stenrist. Forsøg nr. 7 blev udført med støbejernsrist og reduceret spalteareal i starten. Under forsøget blev spaltearealet øget.

3. MÅLINGER

3.1 Måleprogram

Alle målinger blev foretaget med kalibrerede instrumenter, og gasanalysatorer (CO og CO2) blev kalibreret med prøvegasser ved starten af alle fyringsforsøgene.

I tabel 3.1.1 er vist, hvilke målinger der blev foretaget

	Masseovn	Stenkomfur
CO	k	k
CO2	k	k
Røgtemperatur	k	k
Røgtræk	k	k
Rumtemperaturer	k	k
Udetemperatur	k	k
Overfladetemperaturer på ovn	k	
Brændselsforbrug	m	m
Vandindhold i brænde	m	m

k = kontinuerlige målinger, m = manuel bestemmelse

Tabel 3.1.1: Måleprogram

De kontinuerlige målinger blev gennemført med skanning hver 5. sekund og logning hver 60. sekund ved hjælp af elektronisk dataopsamling.

3.2 Målemetoder

Følgende målemetoder blev anvendt:

- Vandindholdet i brændet er bestemt efter veje-/tørremetoden.

- Brændselsforbrug blev bestemt ved vejning af indfyret mængde.

- CO- og CO2-indhold i røggassen blev målt med IR-gasanalysator og prøveudtagning via sugepyrometer i skorstenen.

- Røgtemperaturen blev målt med termoelement monteret i sugepyrometer.

- Røgtrækket blev målt ved hjælp af en tryktransducer.

- Overfladetemperaturer på masseovnen blev målt med termoelementer type T monteret i kontaktpasta ved hjælp af alutape.

- Rumtemperaturer blev målt med ubeskyttede termoelementer type T.

3.3 Måleudstyr

Der blev anvendt følgende prøvningsudstyr:

Instrument	Sporbarhed	Instrument nr.
CO/CO2-måler H&B Uras 3K	-	270-A-553
Alpha-gaz spangas CO/CO2	Hede Nielsen	270-A-1106
Datalogger HP 3497 A	DANAK 200	270-A-879
Winner 486DX 33 Mhz PC	-	270-A-1049
DAQ-version 1.0	-	-
Termoelementer type K	DANAK 200	270-A-1015
Termoelementer type T	ELAB	-
Skrårørsmanometer Airflow	DANAK 200	13- 547-2
Trykmåler Auto Tran 700	ELAB	270-A-1165
Kalibrator Jofra 650 SE	DANAK 200	270-A-912
Vægt Mettler PJ6	ELAB	270-A-997
Diverse røgrensningsudstyr	-	-
Køleunit	-	-
Sugepyrometer	-	-

Tabel 3.3.1: Måleudstyr

I det første forsøg blev Lars Helbros udstyr anvendt til måling af udetemperaturen.

3.4 Målepunkter

- På begge ovne var sugepyrometeret monteret i bunden af skorstenen umiddelbart ved røgkanalens tilslutning.

- Røgtrækket blev ligeledes målt i bunden af skorstenen med sonde monteret i samme højde som sugepyrometeret.

- Overfladetemperaturer på masseovnen blev målt i ti punkter, som blev udvalgt under hensyntagen til temperaturfordelingen på ovnen.

- Ved forsøgene med masseovnen blev rumtemperatur målt i fire rum beliggende umiddelbart op mod ovnen - se plantegning. Ved beregning af røgtabet er anvendt temperaturen målt i stuen.

- Udetemperaturen blev målt på nordsiden af huset.

3.5 Måleresultater

Tabel 3.5.1 viser resultaterne af de udførte målinger. Alle værdier mærket med * er midlet over afbrændingstiden, og øvrige værdier er midlet over cyklustiden (måletiden).

Parameter	Enhed	Forsøg nr							
		Masseovn					Stenkomfur		
Forsøg	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	
Træsort		Gran	Gran	Bøg	Bøg	Bøg	Bøg	Bøg	
Brændselsforbrug	kg	15	15	15	15	15	10	10	
Vandindhold	%	19.3	24.5	16.4	20.6	14.6	17.4	15.6	
Afbrændingstid	Timer	2.03	1.85	1.93	2.18	2.0	1.71	1.96	
Cyklustid	Timer	22.0	24.0	24.0	21.6	23.4	-	-	
CO2	% *)	6.3	7.1	6.7	6.1	6.0	4.6	4.4	
CO	% *)	0.5	0.6	0.2	0.2	0.1	0.18	0.20	
Røgtemperatur	C *)	121	132	144	115	134	181	184	
Røgtræk	Pa *)	12.9	13.7	14	9.7	15.1	19.2	19.4	
Overfladetemperatur på ovn	C								
	Start	38.9	40.1	42.0	36.0	35.3	-	-	
	Slut	42.1	41.7	42.0	33.9	42.0	-	-	
	Mid	57.0	57.8	59.4	49.3	57.4	-	-	
Udetemperatur	C *)	6.7	10.7	10.9	23.3	24.1	13.1	15.7	
Udetemperatur	C	6.6	11.0	11.3	15.4	13.6	-	-	
Rumtemperaturer-	Rum 1 *)	24.5	25.6	25.4	23.8	25.1	25.1	28.8	
-Stuen	Rum 1	23.4	24.3	24.2	23.4	25.4	-	-	
-Alrum	Rum 2	23.2	23.8	24.0	23.8	25.1	-	-	
-Børneværelse	Rum 3	21.8	22.5	23.2	22.5	24.1	-	-	
-Soveværelse	Rum 4	22.3	23.1	22.7	22.6	23.6	-	-	

Tabel 3.5.1: Måleresultater

I bilag 1 er de målte værdier af CO2, CO, røgtemperatur, udetemperatur og rumtemperaturer endvidere afbildet grafisk som funktion af tiden.

4. BEREGNINGER

4.1 Indfyret effekt

Indfyret effekt er beregnet som brændselsforbrug i kg/time gange den nedre brændværdi i kWh/kg.

4.2 Røgtab

Røgtabet er beregnet efter DIN 18891 på grundlag af målte middelværdier i afbrændings-perioden.

4.3 Nominel primær effekt og energi

Ved beregningerne er den nominelle primære effekt defineret som indfyret effekt minus røgtab i afbrændingsperioden. Primær energi er defineret som nominel primær effekt gange afbrændingstiden.

4.4 Virkningsgrad

Virkningsgraden er beregnet på grundlag af målte middelværdier i afbrændingsperioden og er defineret som nominel primær effekt divideret med indfyret effekt.

4.5 Sekundær effekt og energi

Den sekundære effekt defineres her som varmeafgivelsen til rummet pr. tidsenhed og beregnes på grundlag af produceret primær energi og målte overfladetemperaturer.

Sekundær energi defineres som varmeafgivelsen til rummet.

Beregningerne er baseret på følgende formel:

$$\textit{Sekundær effekt} = Esek = \sum_{i=1}^{10} Ai * (ti - tr) * k \ [kW], \ \textit{hvor}$$

Ai = delarealet med temperaturen ti [m2]
ti = overfladetemperatur på delarealet Ai [C]
tr = rumtemperatur [C] k = en koefficient [W/m2 *K], som forudsættes at være konstant og er beregnet som vist nedenfor.

Under forudsætning af, at den primære energi = den sekundære energi er beregnet en sekundær middeleffekt, Esek mid som

Esek mid = Enom? t1 / t2 [kW], hvor

Enom = nominel effekt
t1 = afbrændingstiden
t2 = måletiden (cyklustiden)

k er beregnet som Esek mid / (to-tr) *A [W/m2 ?K], hvor

to = arealvægtet middelværdi af overfladetemperaturen på ovnen i måleperioden [C]
tr = middelværdi af rumtemperatur i måleperioden [C]
A = det samlede areal, som deltager i varmeafgivelsen

4.6 Emission

Røggassens indhold af CO er omregnet til 7,5% CO2 efter følgende formel:

CO7,5 = COmålt *7,5/ CO2 målt [%], hvor

COmålt = middelværdien af CO i afbrændingstiden
CO2 målt = middelværdien af CO2 i afbrændingstiden

4.7 Beregningsresultater

Tabel 4.7.1 viser beregningsresultaterne.

I forsøg nr. 4 og 5 er forudsætningerne for beregning af koefficienten k ikke opfyldt. Ved beregning af den sekundære effekt og energi i forsøg nr. 4 og 5 er der derfor anvendt k-værdien fra forsøg nr. 3, hvor overfladetemperaturen på ovnen var den samme ved start og slutning af forsøget.

K-værdier anført i tabel 4.7.1 er beregnet under forudsætning af, at sekundær energi-mængde = primær energimængde. Ved forsøg nr. 4 og 5 medfører det en større koefficient og skyldes, at en del af den akkumulerede energimængde bortventileres på grund af delvist åbent røggasspjæld.

Parameter	Enhed	Forsøg nr.						
		Masseovn					Stenkomfur	
Forsøg	Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Indfyret effekt	kW	30.3	31.0	33.4	27.9	33.0	24.8	22.2
Røgtab	kW	4.7	4.9	4.8	3.6	4.6	6.4	6.0
Nom primær effekt	kW	25.6	26.1	28.6	24.3	28.4	18.4	16.2
Virkningsgrad	%	84.7	84.4	85.5	87.3	86.0	74.4	73.3
Mid. sek. effekt	kW	2.4	2.0	2.3	2.45	2.4	-	-
CO ved 7.5 % CO2	%	0.60	0.63	0.22	0.25	0.13	0.29	0.35
Primær energi	kWh	52.0	48.3	55.2	53.0	56.8	-	-
Sekundær energi	kWh	52.1	48.3	55.5	38.4	48.3	-	-
Beregnet k-værdi	W/m2*K	0.01-674	0.01-415	0.01-540	0.02-128	0.01-815	-	-

Tabel 4.7.1: Beregningsresultater

I forsøg nr. 4 er den sekundære energimængde beregnet til 35,3 kWh på det tidspunkt, hvor den målte middeltemperatur på ovnen svarede til begyndelsestilstanden.

5. VURDERING AF RESULTATER

Resultaterne af de udførte forsøg er næppe dækkende for alle stenovne. Men specielt erfaringen med træsort og påfyringsmængde vil formentligt være generel for alle sten ovne. Bedømt på grundlag af CO-emissionen i de fem første forsøg ser det ud til, at

- bøgetræ er bedre egnet som brændsel end grantræ
- chargemængden ved påfyring med fordel kan begrænses til 2-3 kg

Sammenlignes CO-emissionen i forsøg nr. 4 og 5 er det bedste resultat opnået i forsøg nr. 5, som er udført med stenrist. Forskellen skyldes dog næppe risten, men kan snarere tilskrives en træg opstart i forsøg nr. 4 på grund af høj udetemperatur og deraf følgende dårligt røgtræk.

Beregningen af virkningsgrader forudsætter, at der i aftrækssystemet er indbygget et tætsluttende røggasspjæld. Indbygningen af et sådant spjæld strider dog mod de nugældende regler i Bygningsreglementet.
Betydningen af spjældet kan vurderes på grundlag af resultaterne fra forsøg nr. 4, hvor virkningsgraden er beregnet til 87,3 %, svarende til et røgtab på 3,6 kW. Med k-værdien fra forsøg nr. 3 er den sekundære ydelse beregnet til 35,3 kWh på det tidspunkt, hvor middeltemperaturen på ovnen svarede til begyndelsestilstanden. Af den primære energi-mængde på 53 kWh er der altså kun tilført rummet 35,3 kWh. Forskellen skyldes sandsynligvis et skorstenstab på 17,7 kWh, som skal lægges til røgtabet, og den resulterende virkningsgrad bliver derfor kun 58 %.

Skorstenstabet svarer til at 740 m3 luft opvarmes 75 K, eller et flow på ca. 45 m3/h, idet tabet er fordelt over ca. 16,5 time. Det kan sammenlignes med et luftforbrug ved afbrændingen på ca. 90 m3/h.

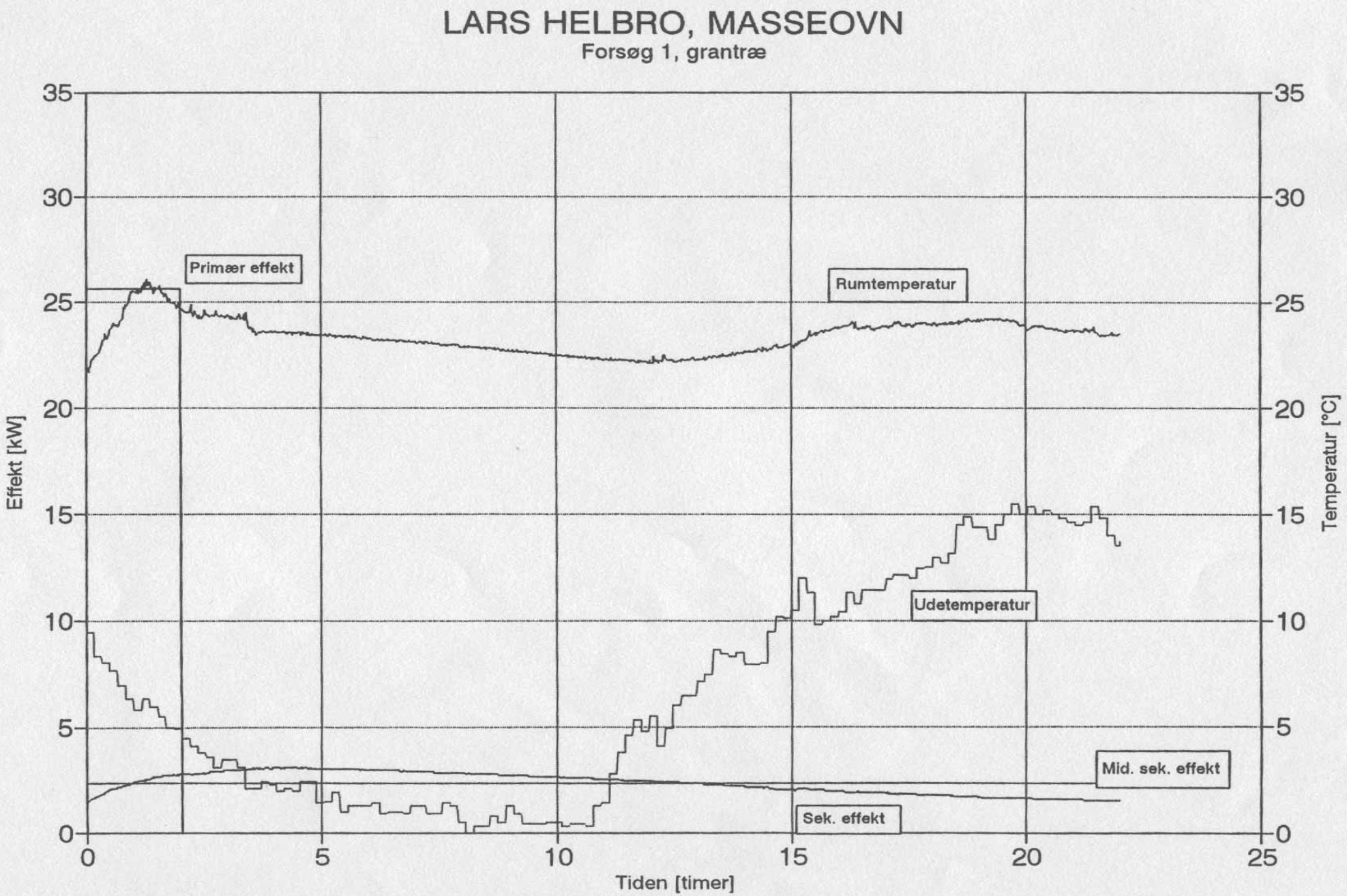
---

6. BEMÆRKNINGER

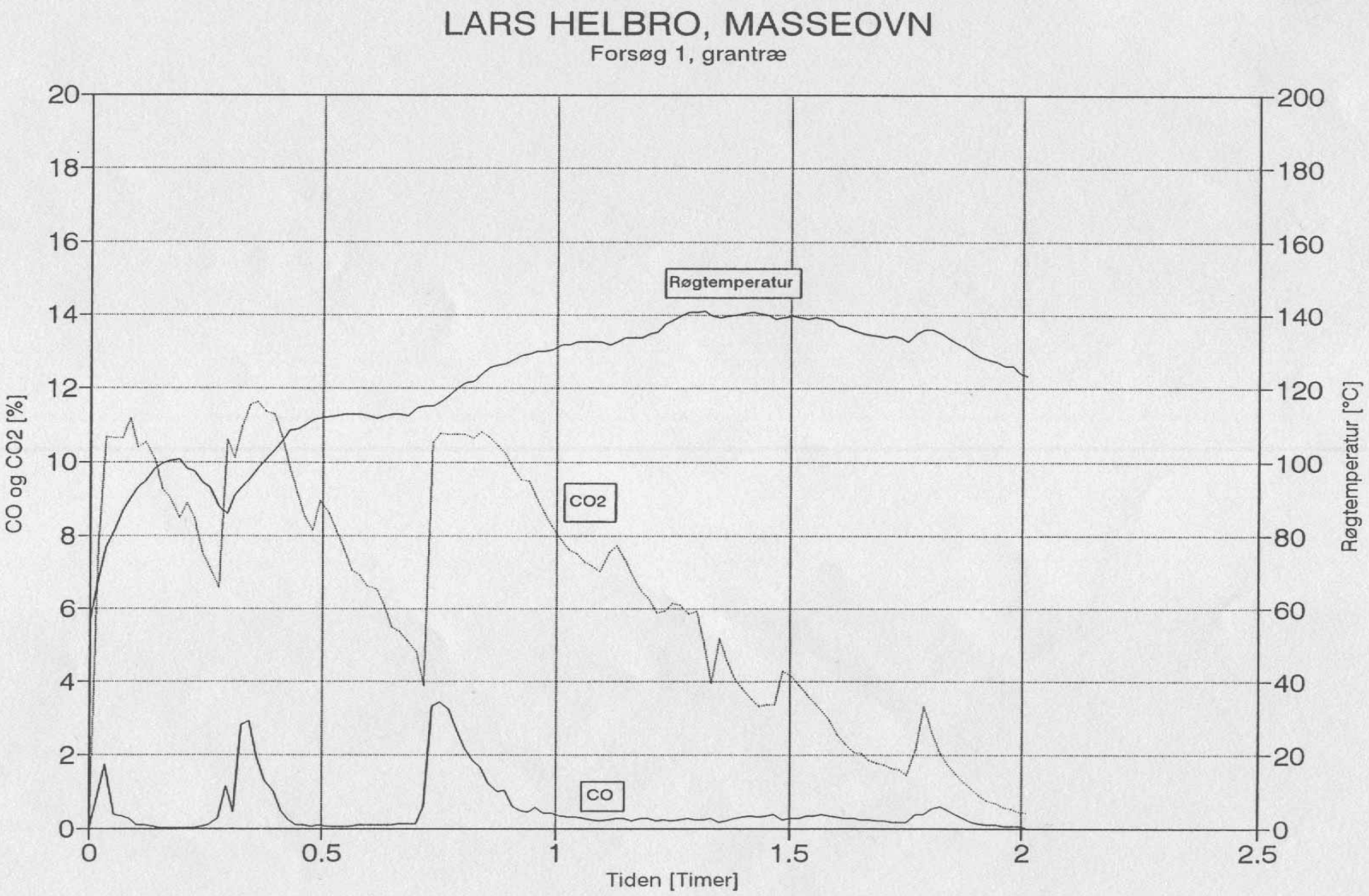
Med bøgetræ som brænde ser det ud til, at der ved hensigtsmæssig brug af masseovnen - korrekt indstilling af luftspjæld og påfyring- kan opnås en CO-emission i størrelsesordenen 0,1-0,15 % ved 7,5 % CO2. Det svarer til ca. halvdelen af emissionen fra typiske DS-mærkede brændeovne, og til emissionen fra de bedste portionsfyrede kedler.

Under forudsætning af, at tabet via skorstenen kan begrænses til det normale røgtab (tætlukkende røggasspjæld) er virkningsgraden på masseovnen bestemt til mellem 85 og 87%. Det er godt 10 % over typiske DS-mærkede brændeovne og i samme størrelsesorden som de bedste portionsfyrede kedler.

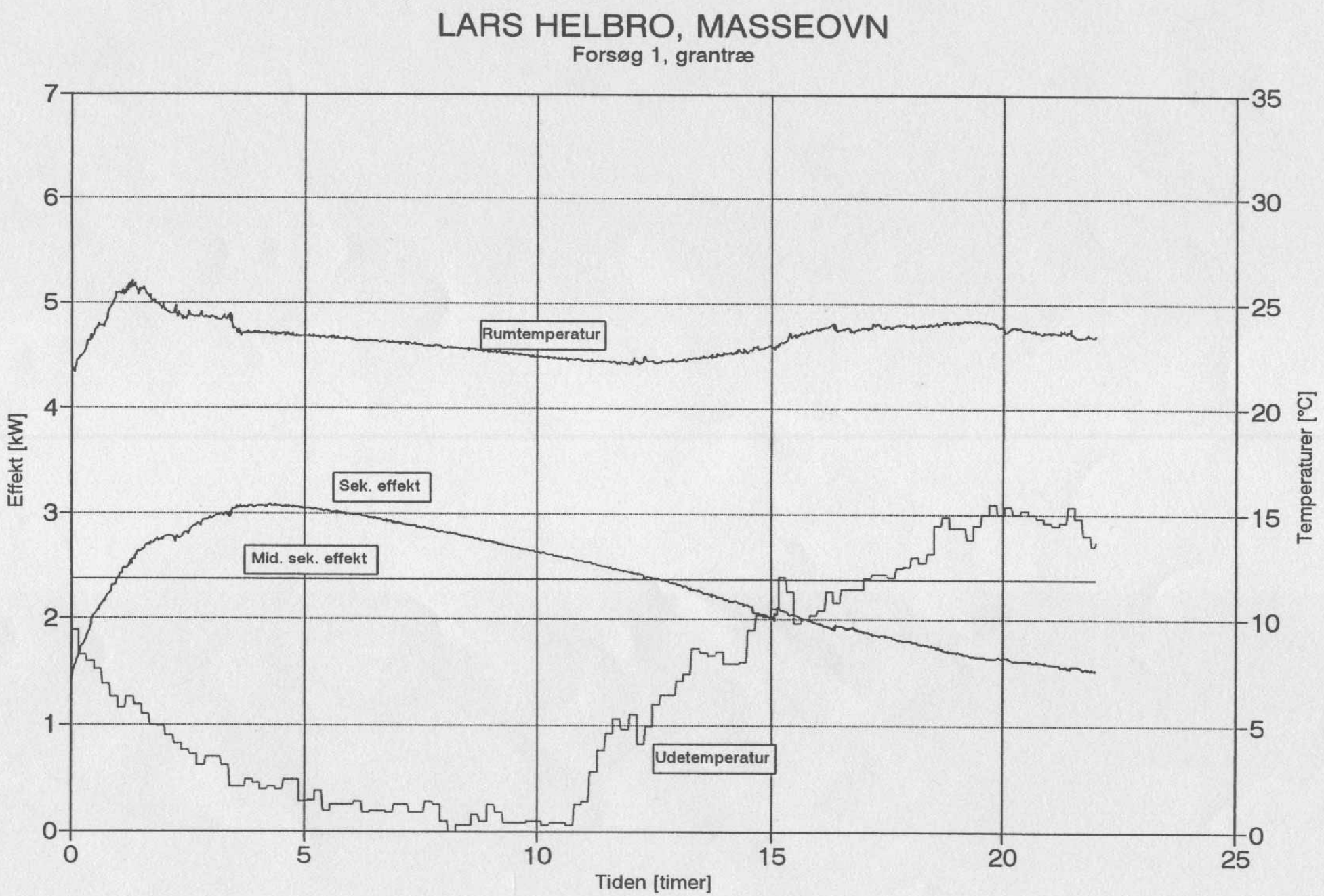
Graferne i bilag 1 viser variationer i bl.a. rumtemperaturerne, som først og fremmest skyldes, at målingerne et foretaget i et beboet hus, hvor der blev foretaget normal udluftning. Men dernæst blev målingerne foretaget i en periode med meget svingende udetemperaturer, og lejlighedsvis blev der udluftet ekstraordinært for at opnå udholdelige temperaturer indendørs. Det betyder selvfølgelig, at de registrerede rumtemperaturer ikke viser det sande billede af en typisk opvarmningssituation. Men dette billede vil også være individuelt fra hus til hus, og en bedømmelse af funktionen bør derfor nærmere baseres på variationen i den sekundære varmeydelse.


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 1, grantræ
Primær effekt
Rumtemperatur
Udetemperatur
Mid. sek. effekt
Sek. effekt
Effekt [kW]
Temperatur [°C]
Tiden [timer]
0
5
10
15
20
25
30
35

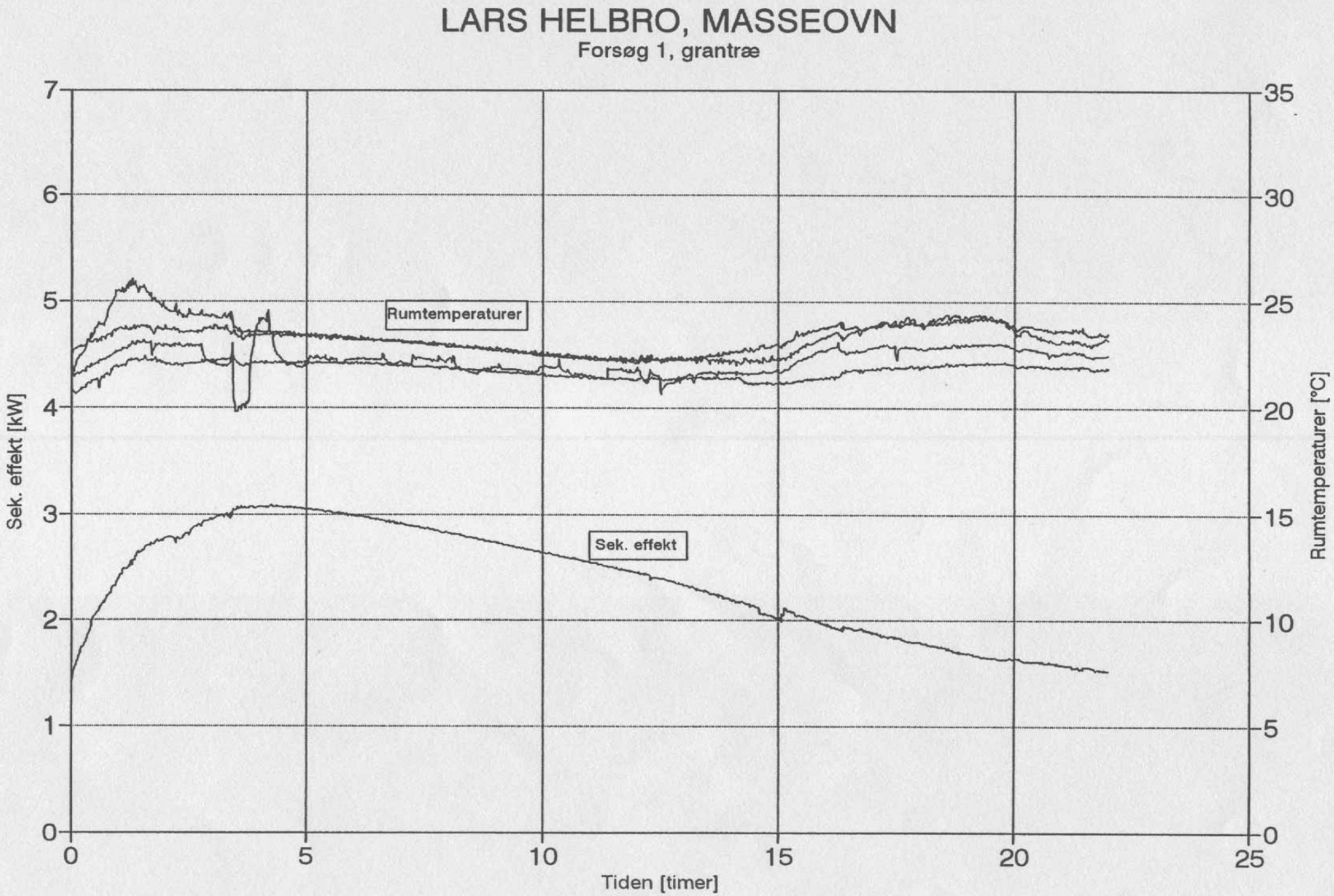
Figur 1.1


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 1, grantræ
Røgtemperatur
CO2
CO
CO og CO2 [%]
Røgtemperatur [°C]
Tiden [Timer]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
0
0.5
1
1.5
2
2.5

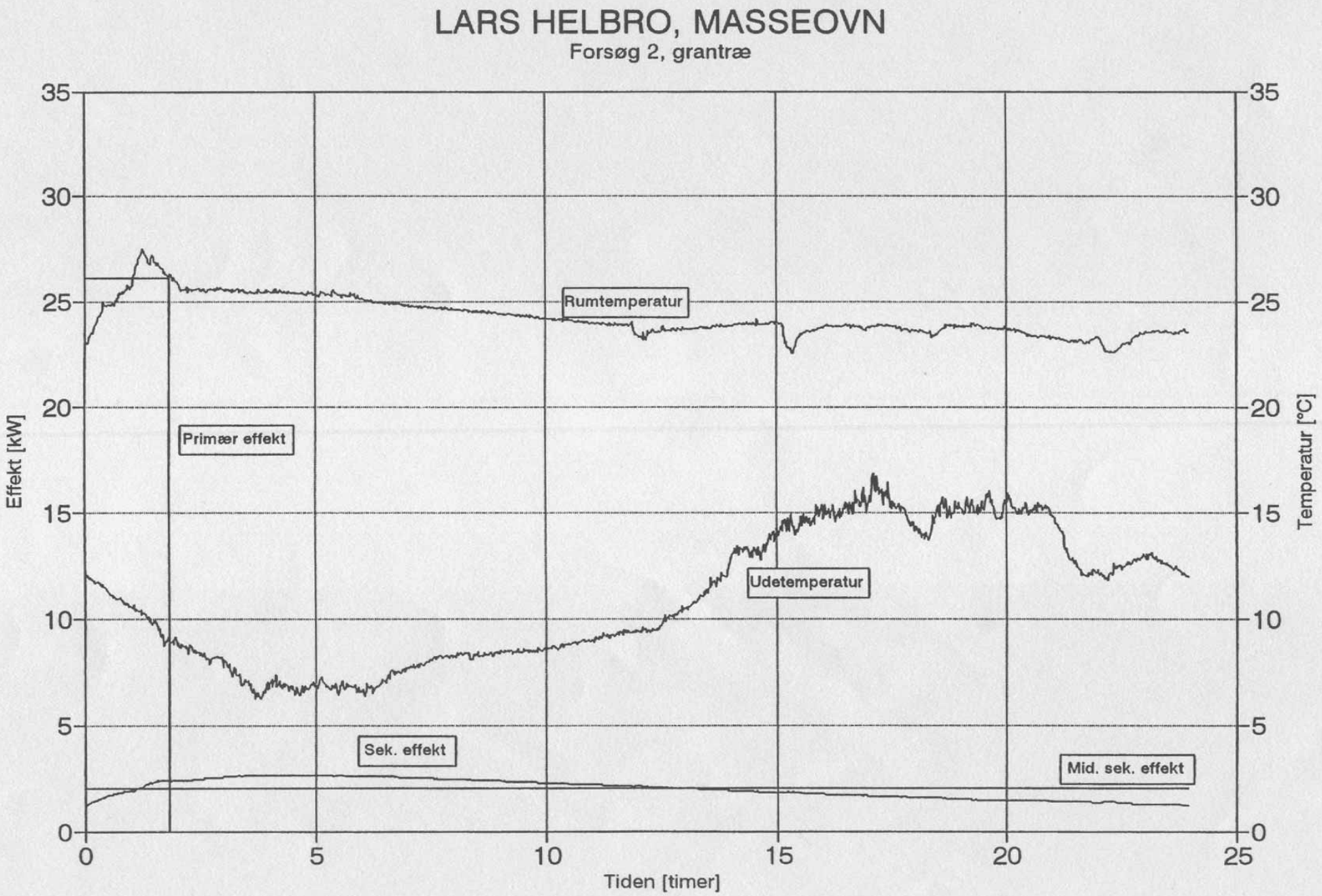
Figur 1.2


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 1, grantræ
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
Rumtemperatur
Sek. effekt
Mid. sek. effekt
Udetemperatur
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35

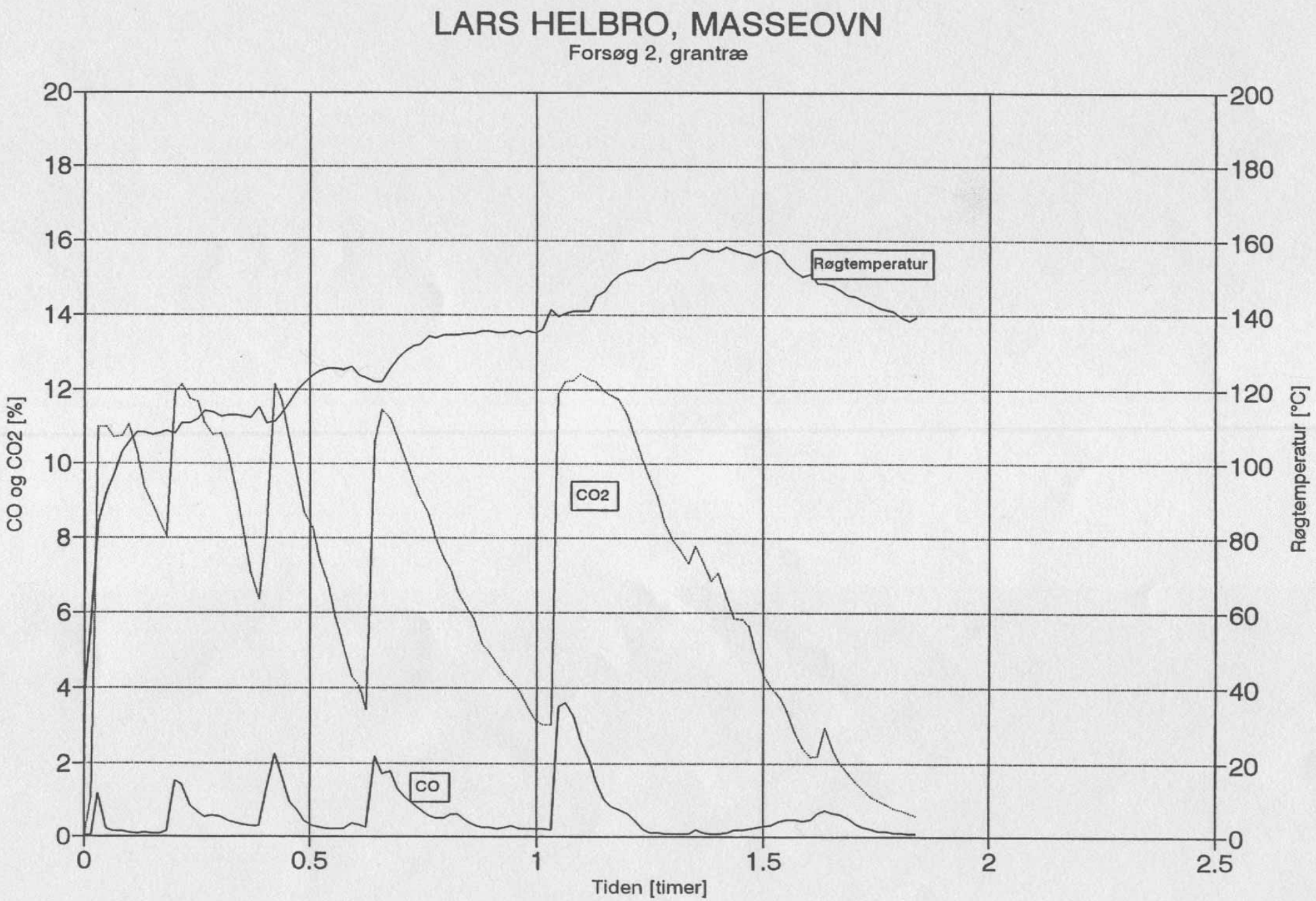
Figur 1.3


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 1, grantræ
Rumtemperaturer
Sek. effekt
Sek. effekt [kW]
Rumtemperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35

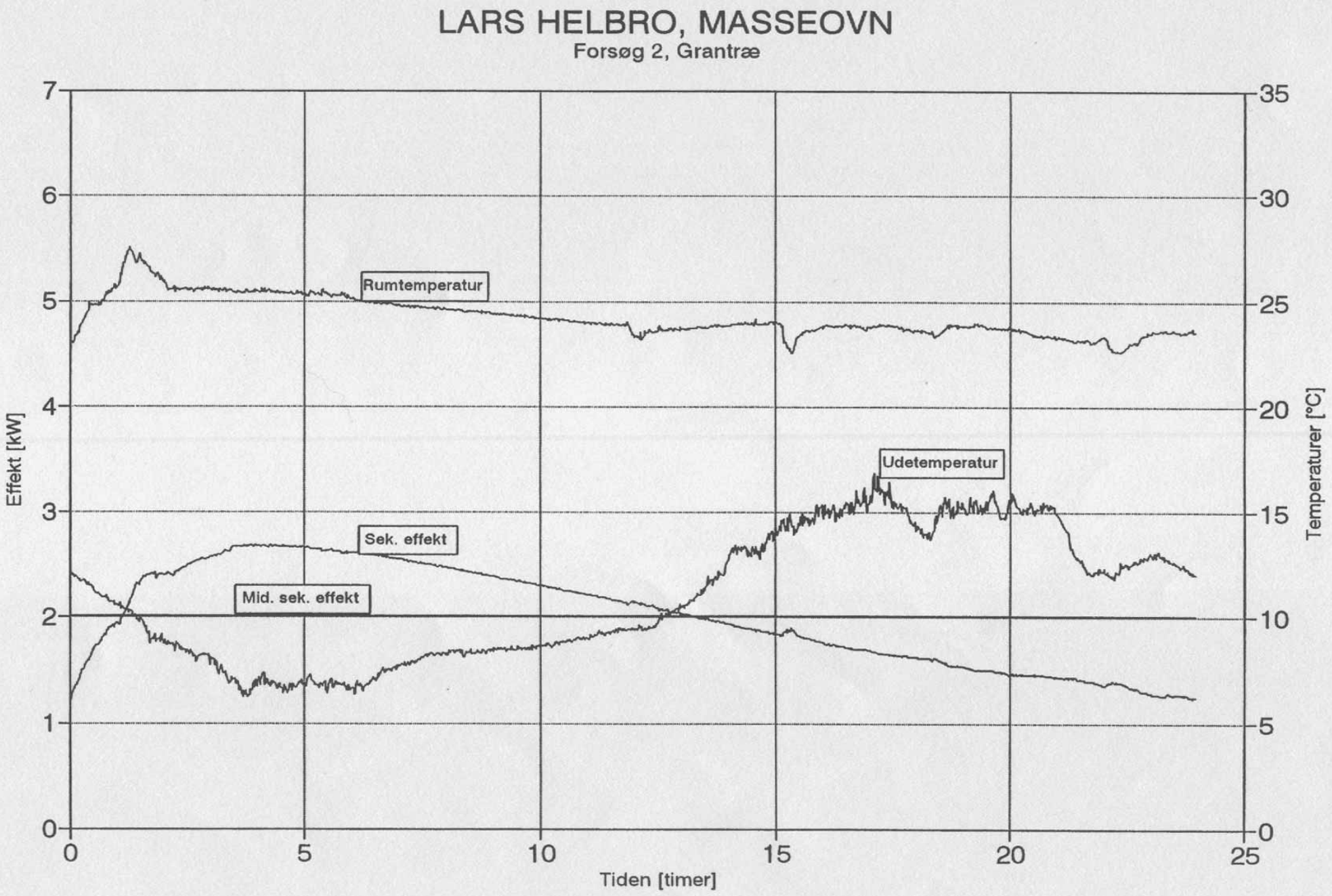
Figur 1.4


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 2, grantræ
Effekt [kW]
Temperatur [°C]
Tiden [timer]
Rumtemperatur
Primær effekt
Udetemperatur
Sek. effekt
Mid. sek. effekt
0
5
10
15
20
25
30
35

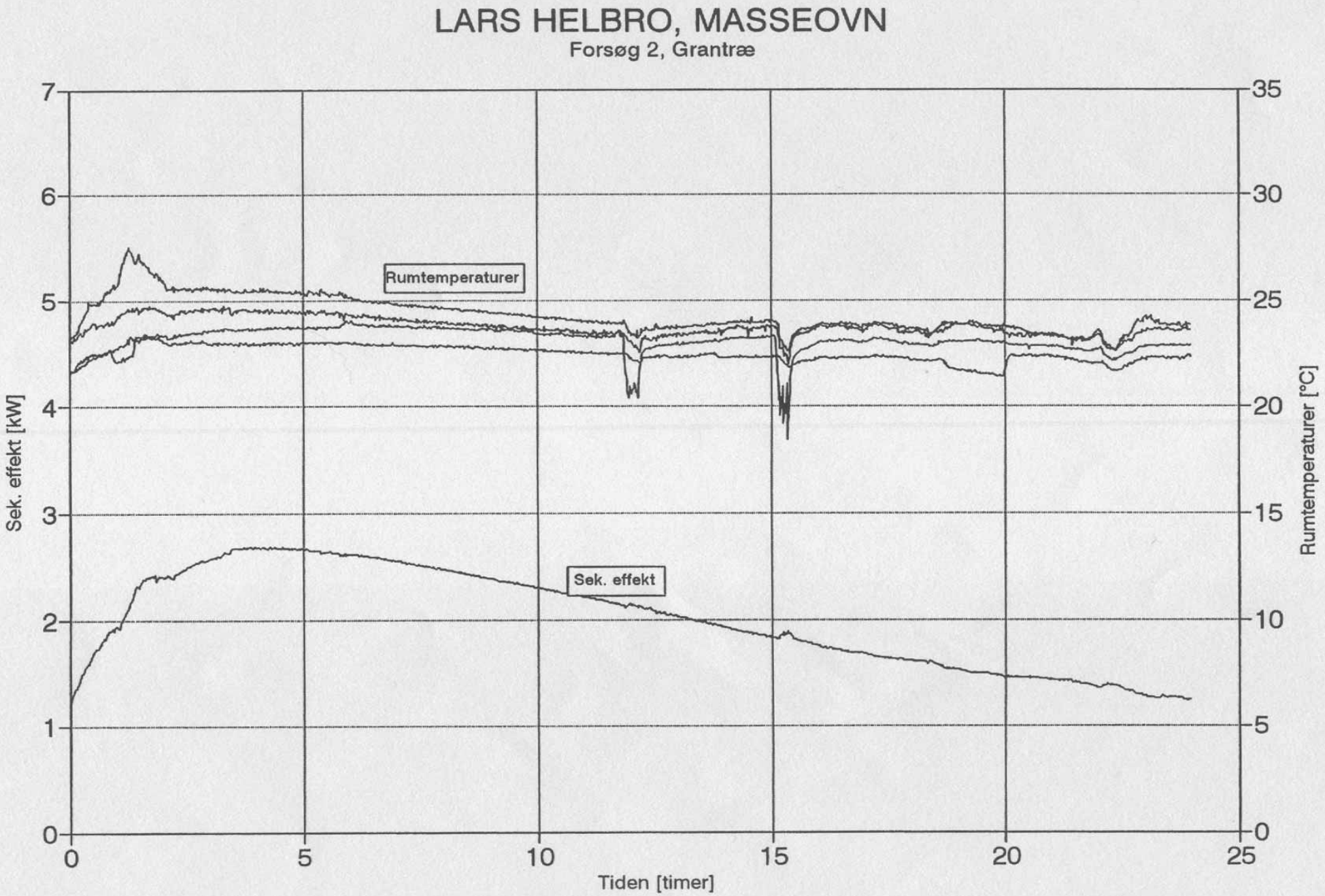
Figur 2.1


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 2, grantræ
CO og CO2 [%]
Røgtemperatur [°C]
Tiden [timer]
Røgtemperatur
CO2
CO
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
0
0.5
1
1.5
2
2.5

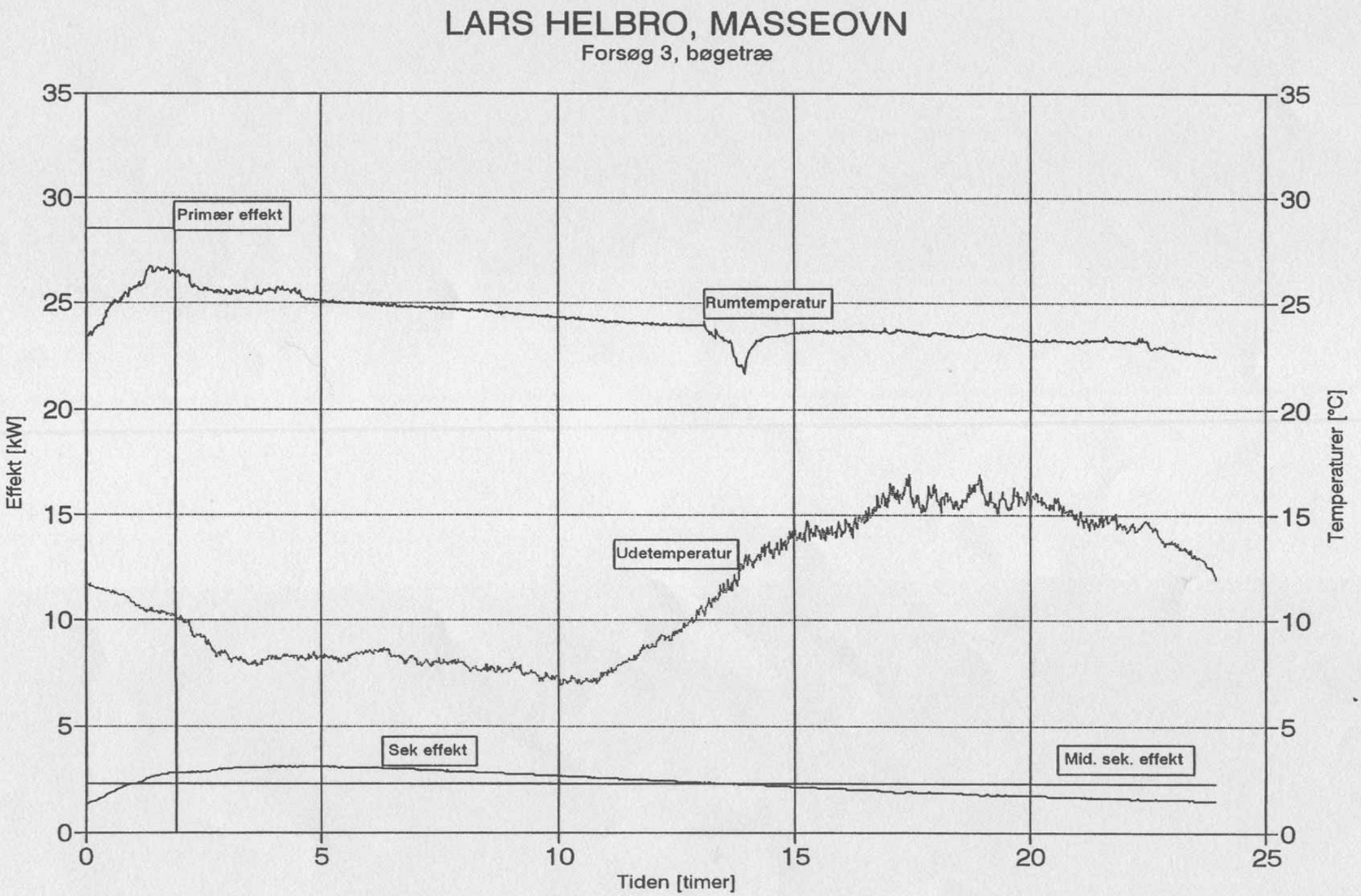
Figur 2.2


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 2, Grantræ
Rumtemperatur
Udetemperatur
Sek. effekt
Mid. sek. effekt
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
30
35
0
5
10
15
20
25

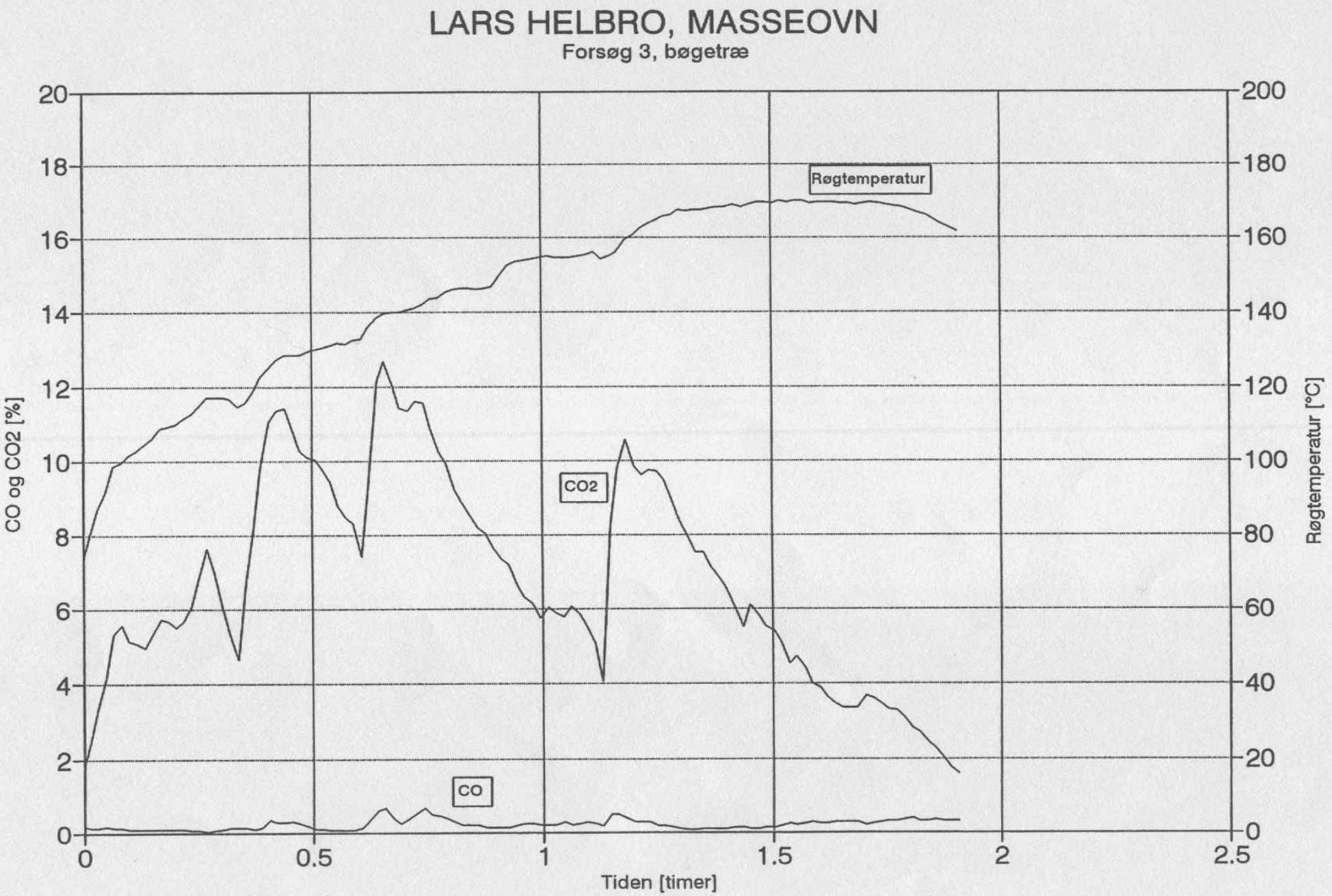
Figur 2.3


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 2, Grantræ
Rumtemperaturer
Sek. effekt
Sek. effekt [kW]
Rumtemperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35

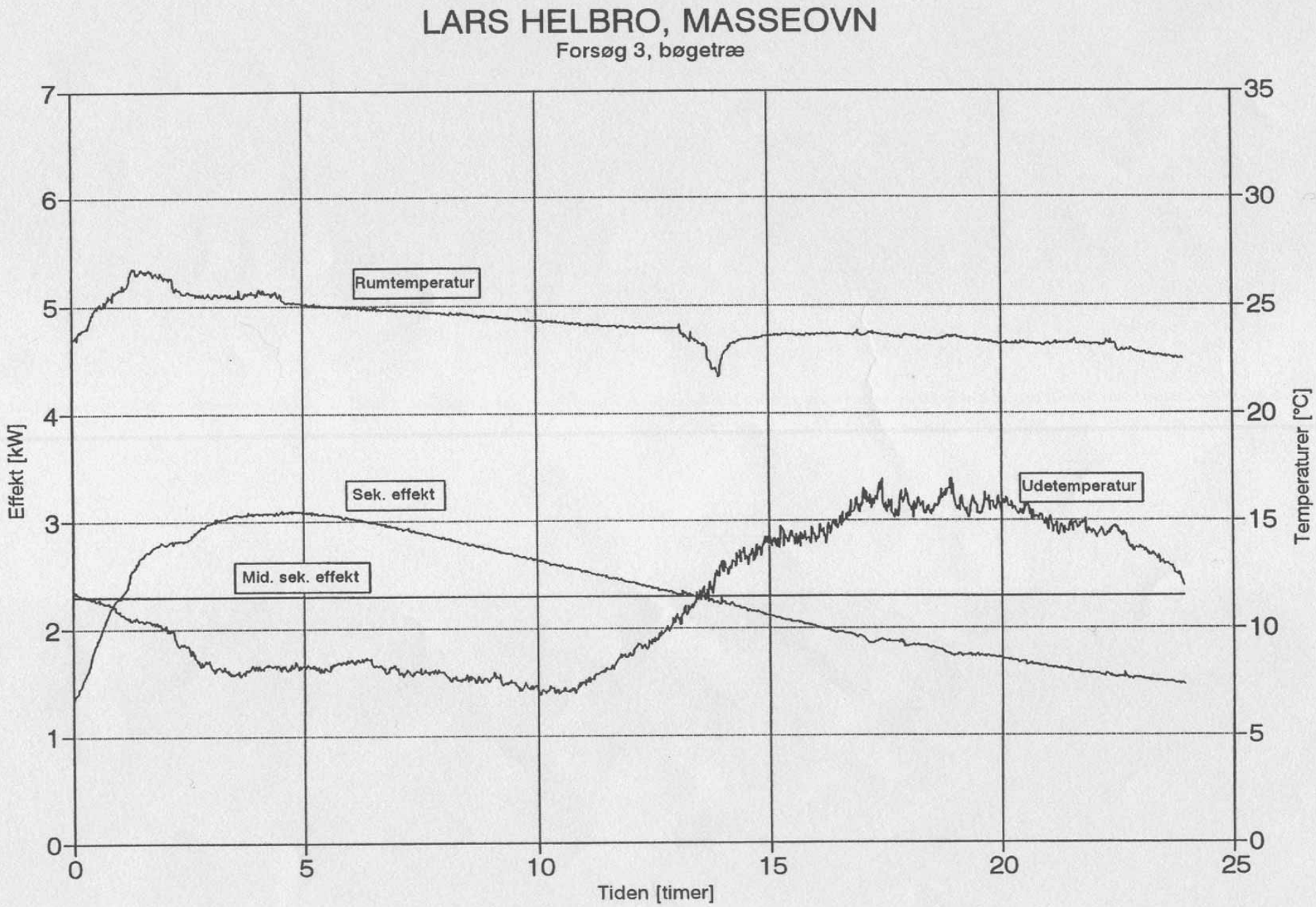
Figur 2.4


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 3, bøgetræ
Primær effekt
Rumtemperatur
Udetemperatur
Sek effekt
Mid. sek. effekt
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
5
10
15
20
25
30
35

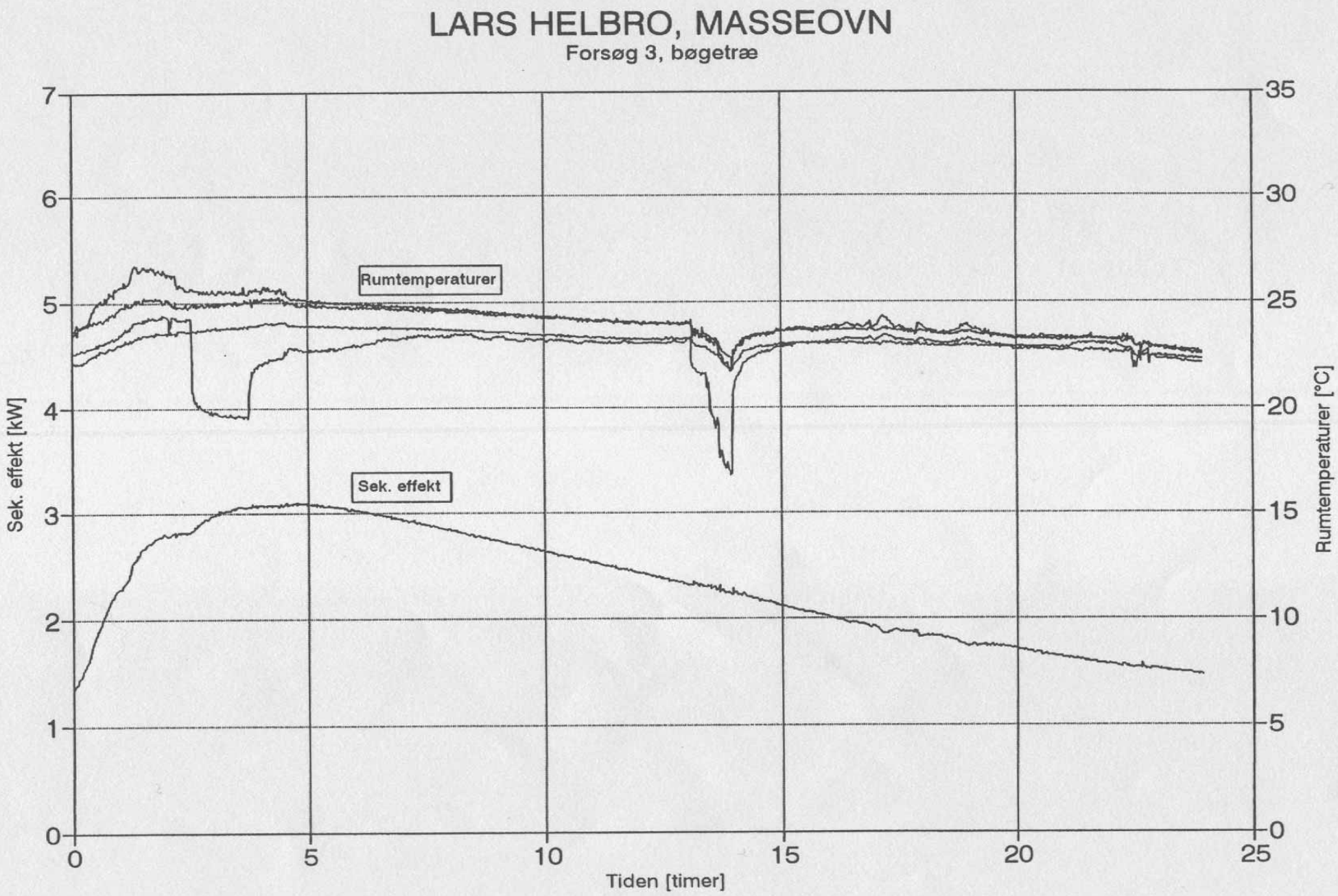
Figur 3.1


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 3, bøgetræ
CO og CO2 [%]
Røgtemperatur [°C]
Tiden [timer]
Røgtemperatur
CO2
CO
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
0
0.5
1
1.5
2
2.5

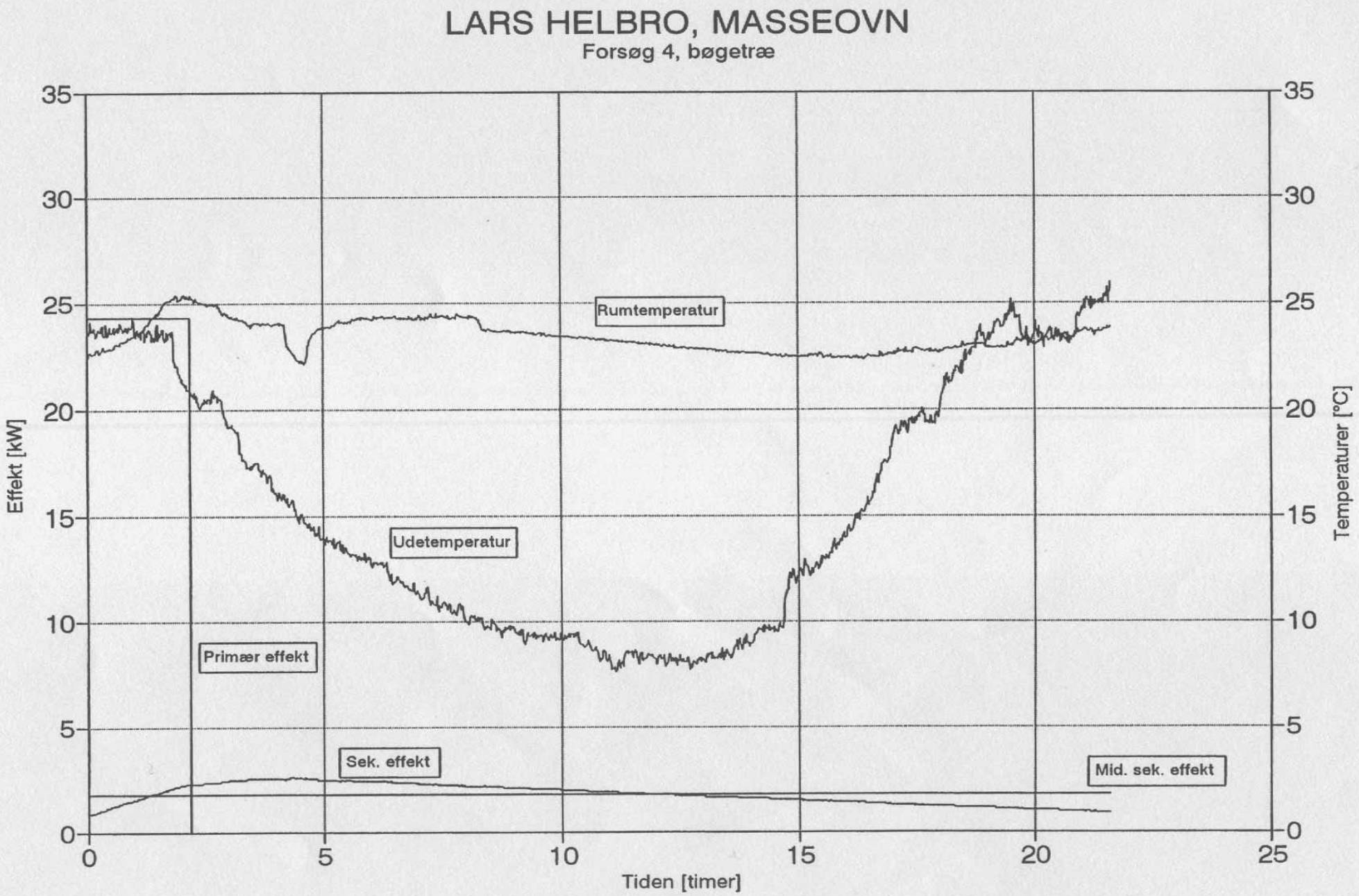
Figur 3.2


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 3, bøgetræ
Rumtemperatur
Sek. effekt
Mid. sek. effekt
Udetemperatur
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35

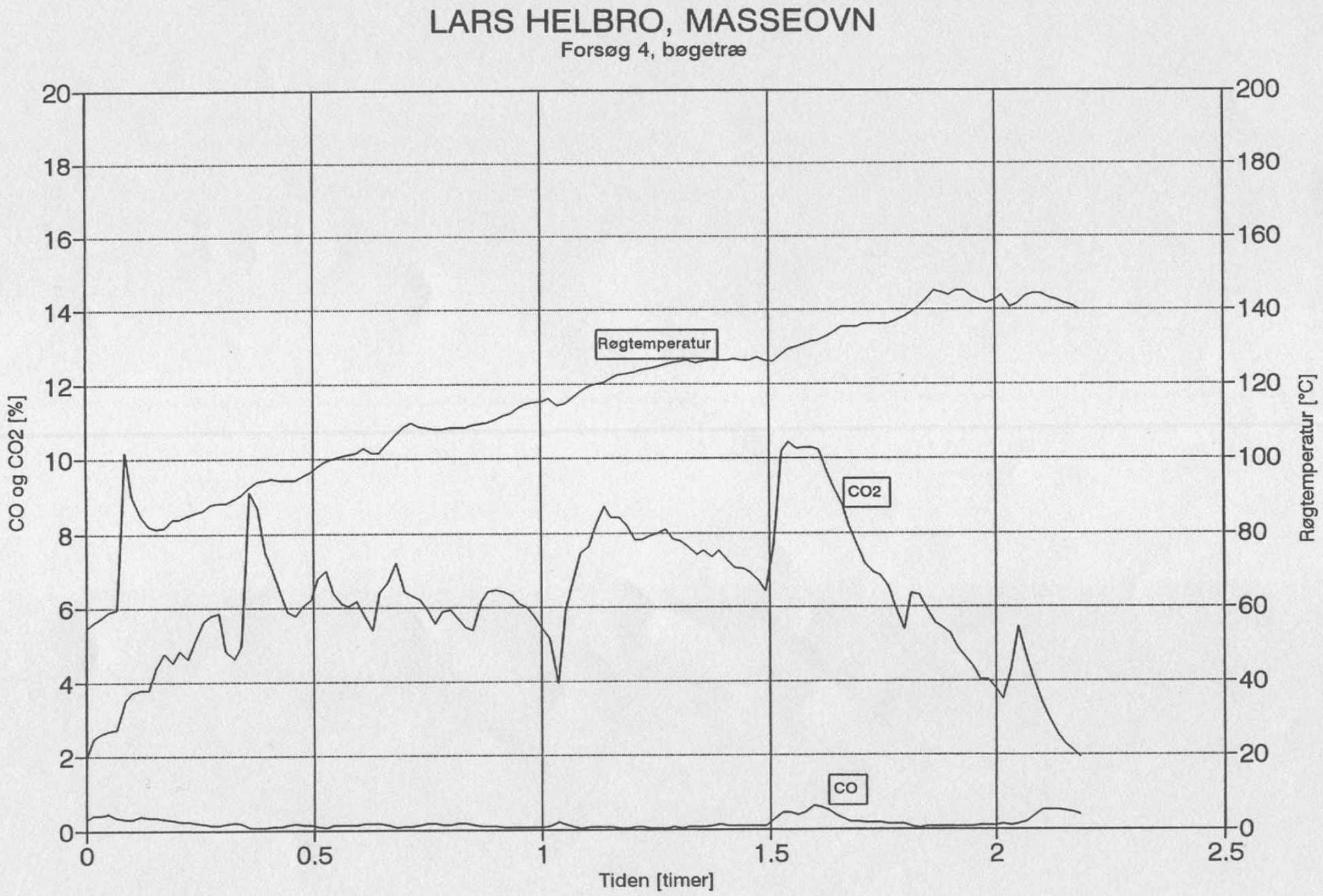
Figur 3.3


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 3, bøgetræ
Rumtemperaturer
Sek. effekt
Sek. effekt [kW]
Rumtemperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35

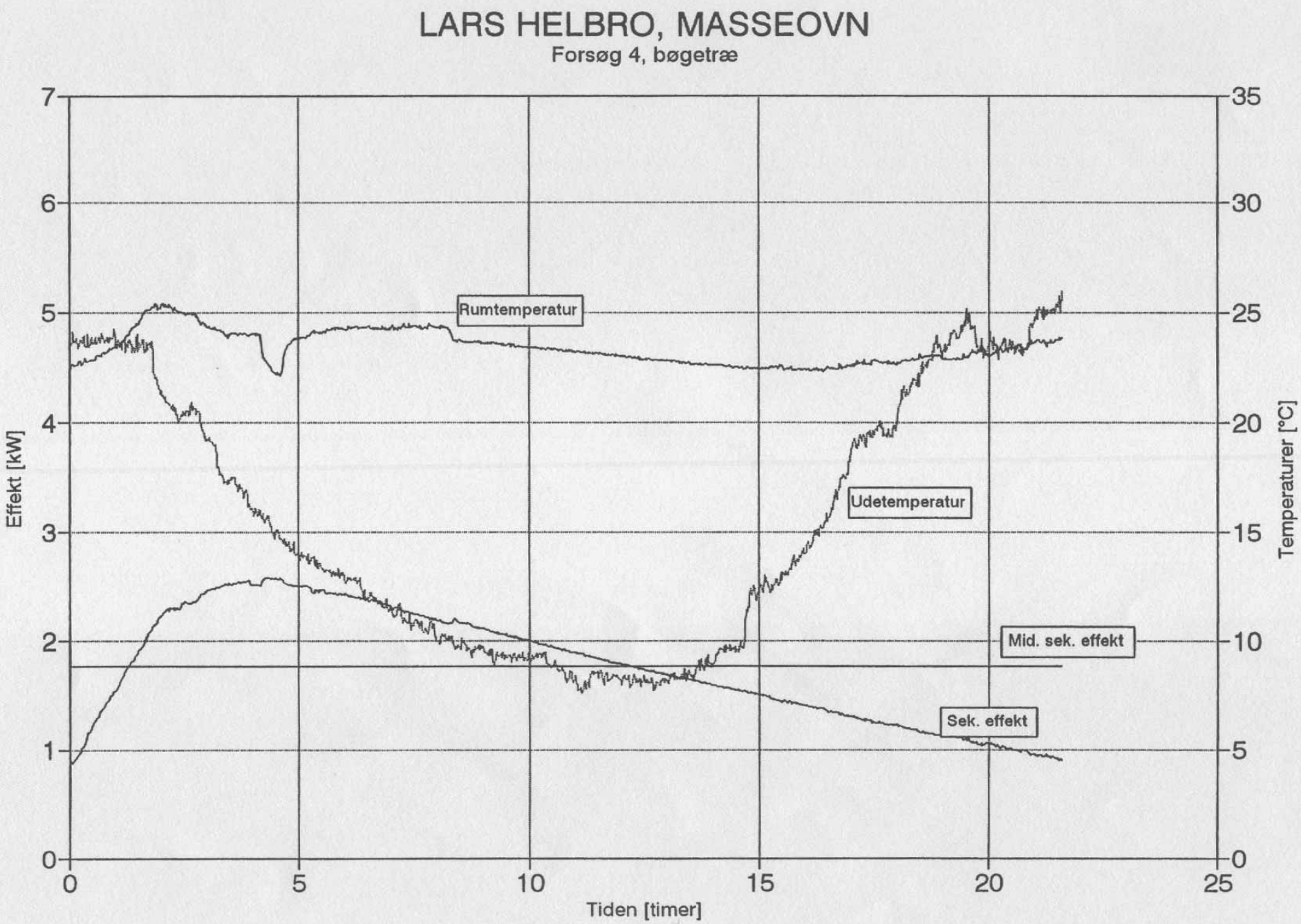
Figur 3.4


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 4, bøgetræ
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
Rumtemperatur
Udetemperatur
Primær effekt
Sek. effekt
Mid. sek. effekt
0
5
10
15
20
25
30
35

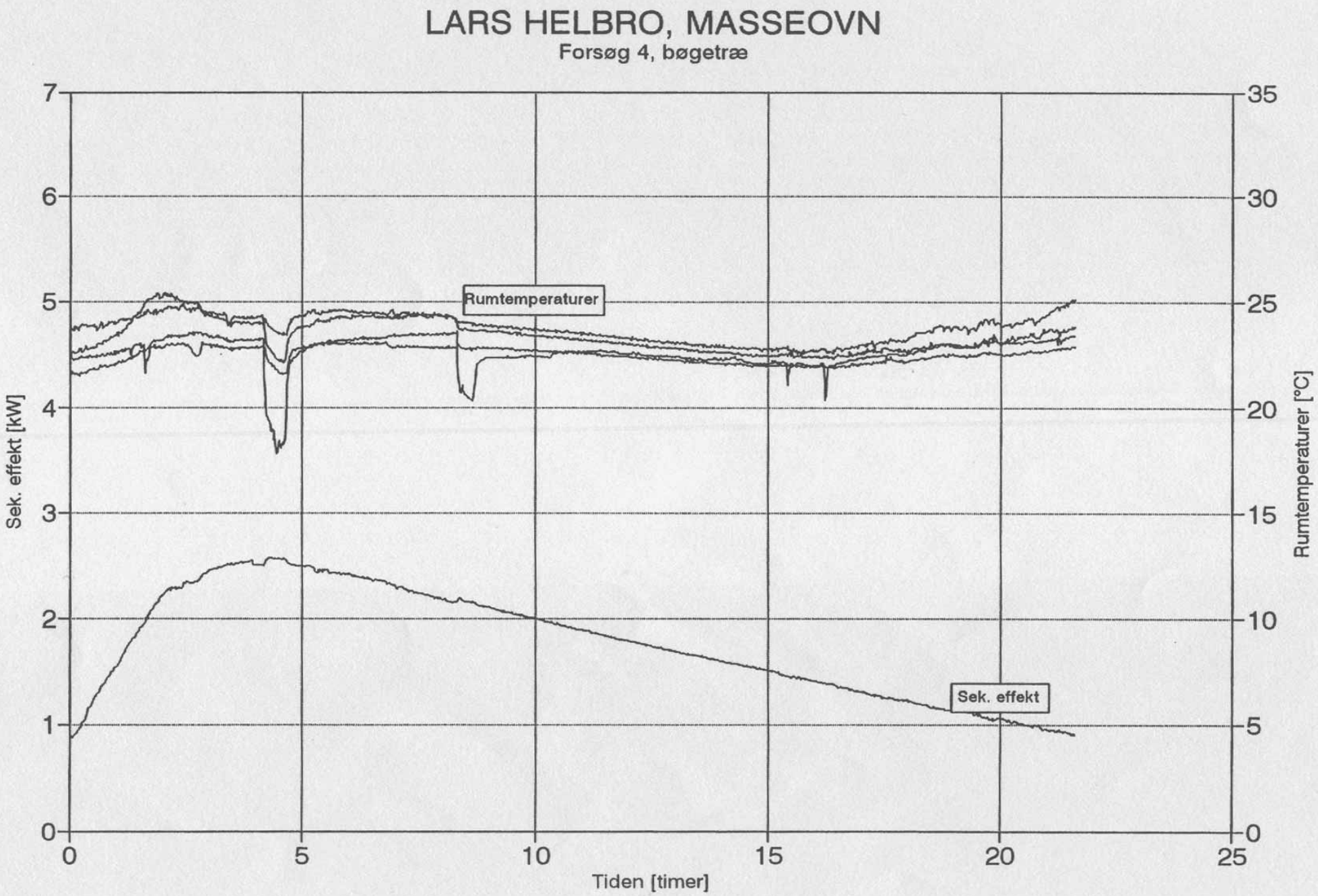
Figur 4.1


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 4, bøgetræ
CO og CO2 [%]
Røgtemperatur [°C]
Tiden [timer]
Røgtemperatur
CO2
CO
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
0
0.5
1
1.5
2
2.5

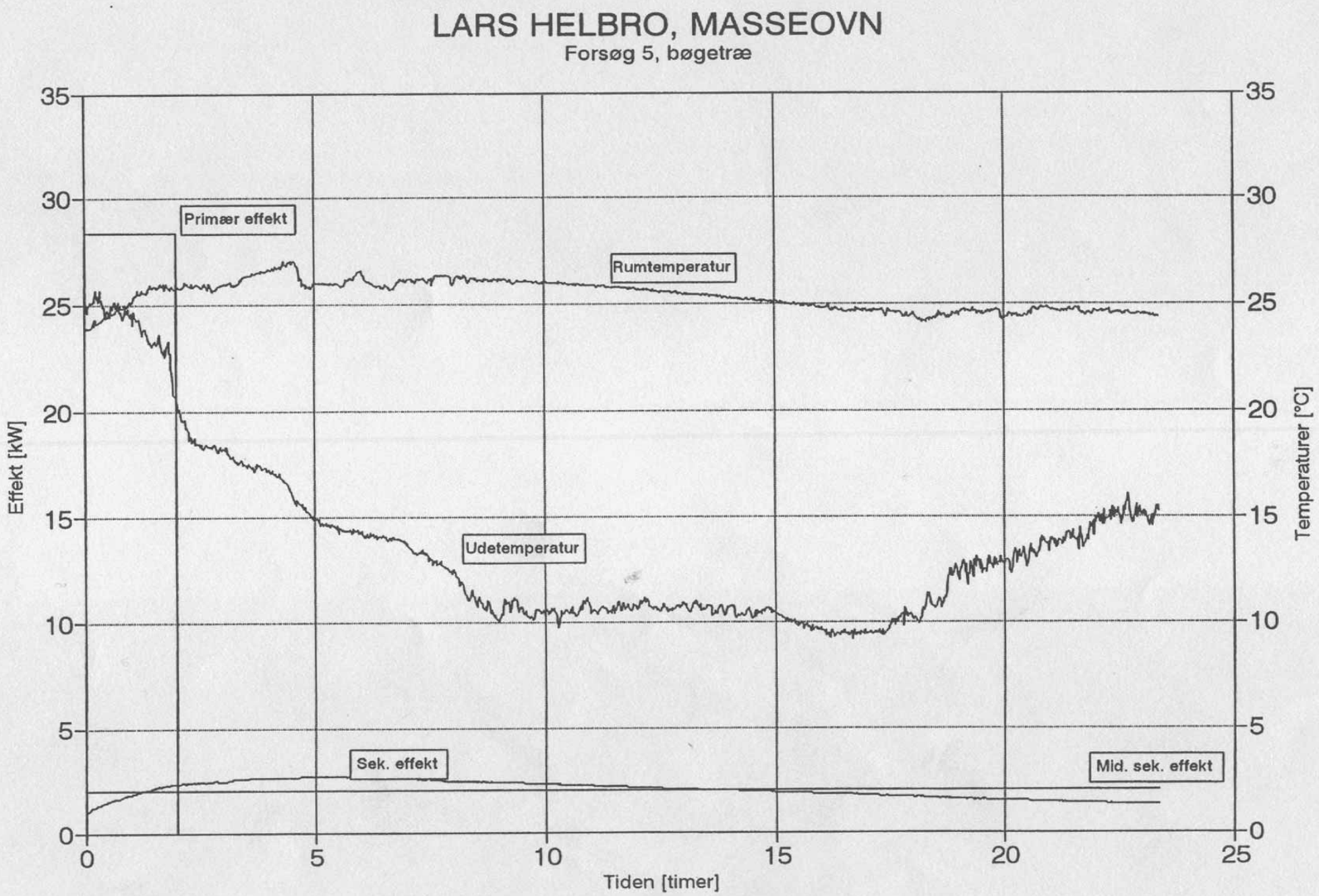
Figur 4.2


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 4, bøgetræ
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
Rumtemperatur
Udetemperatur
Mid. sek. effekt
Sek. effekt
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
30
35
0
5
10
15
20
25

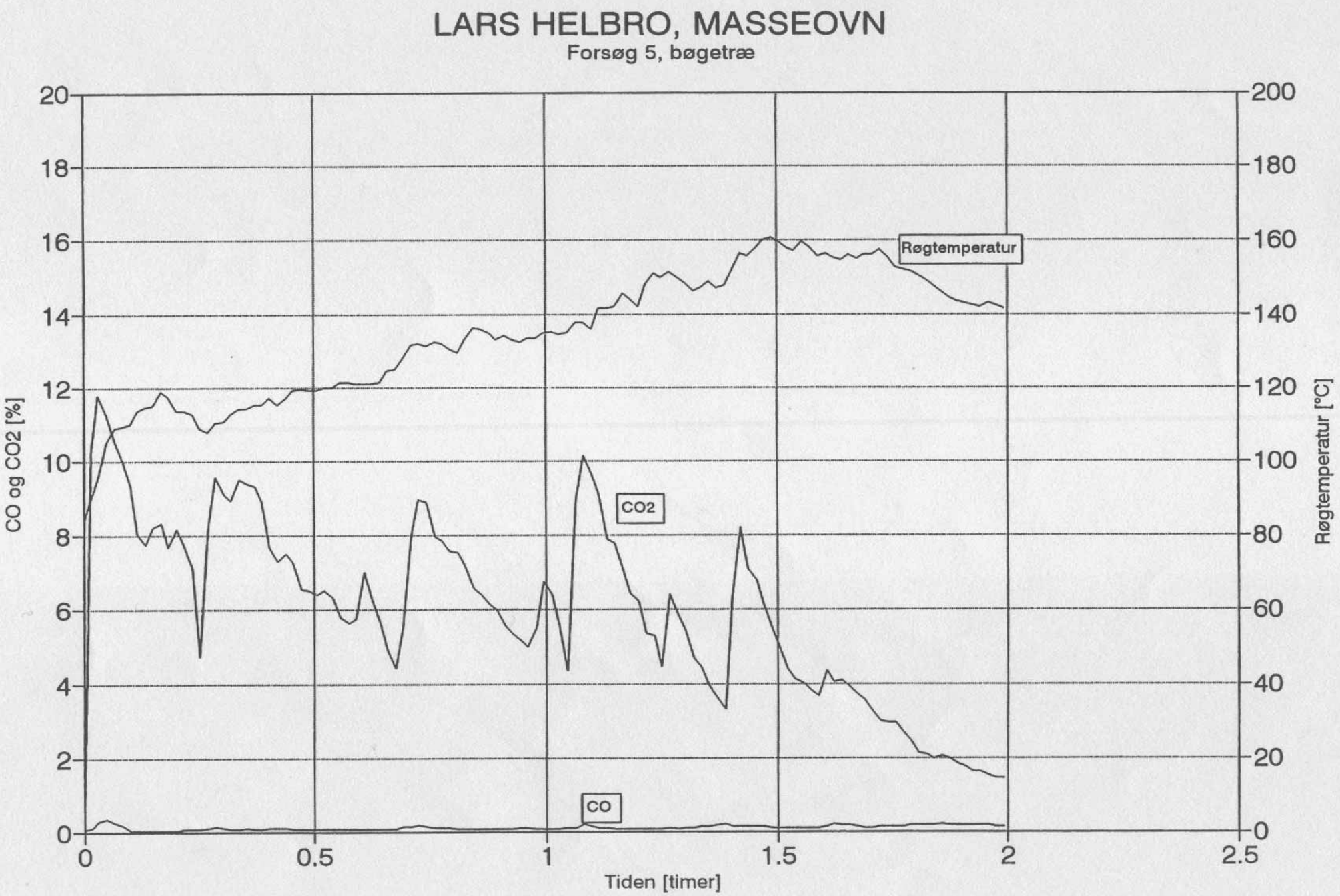
Figur 4.3


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 4, bøgetræ
Rumtemperaturer
Sek. effekt
Sek. effekt [kW]
Rumtemperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35

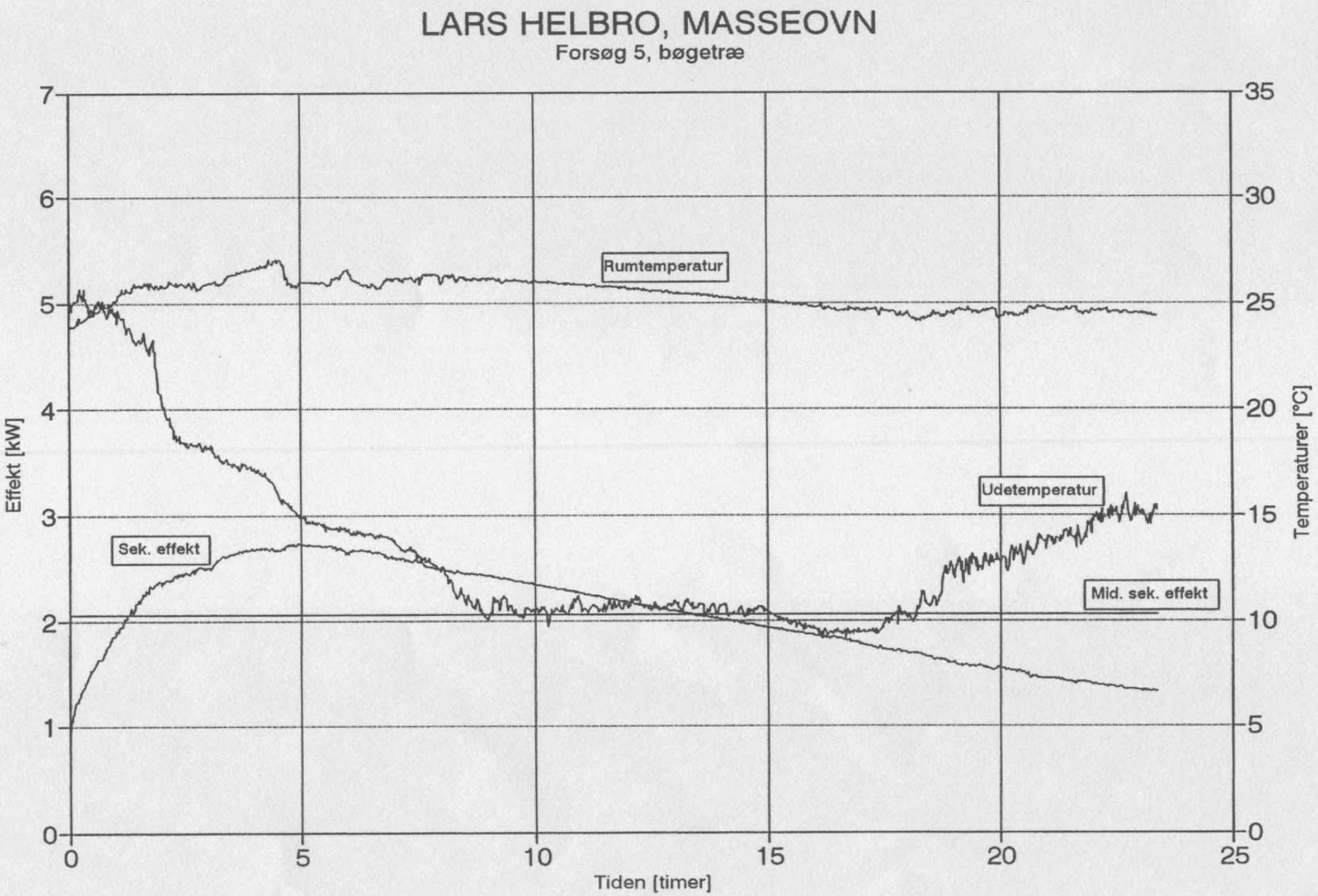
Figur 4.4


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 5, bøgetræ
Primær effekt
Rumtemperatur
Udetemperatur
Sek. effekt
Mid. sek. effekt
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
5
10
15
20
25
30
35

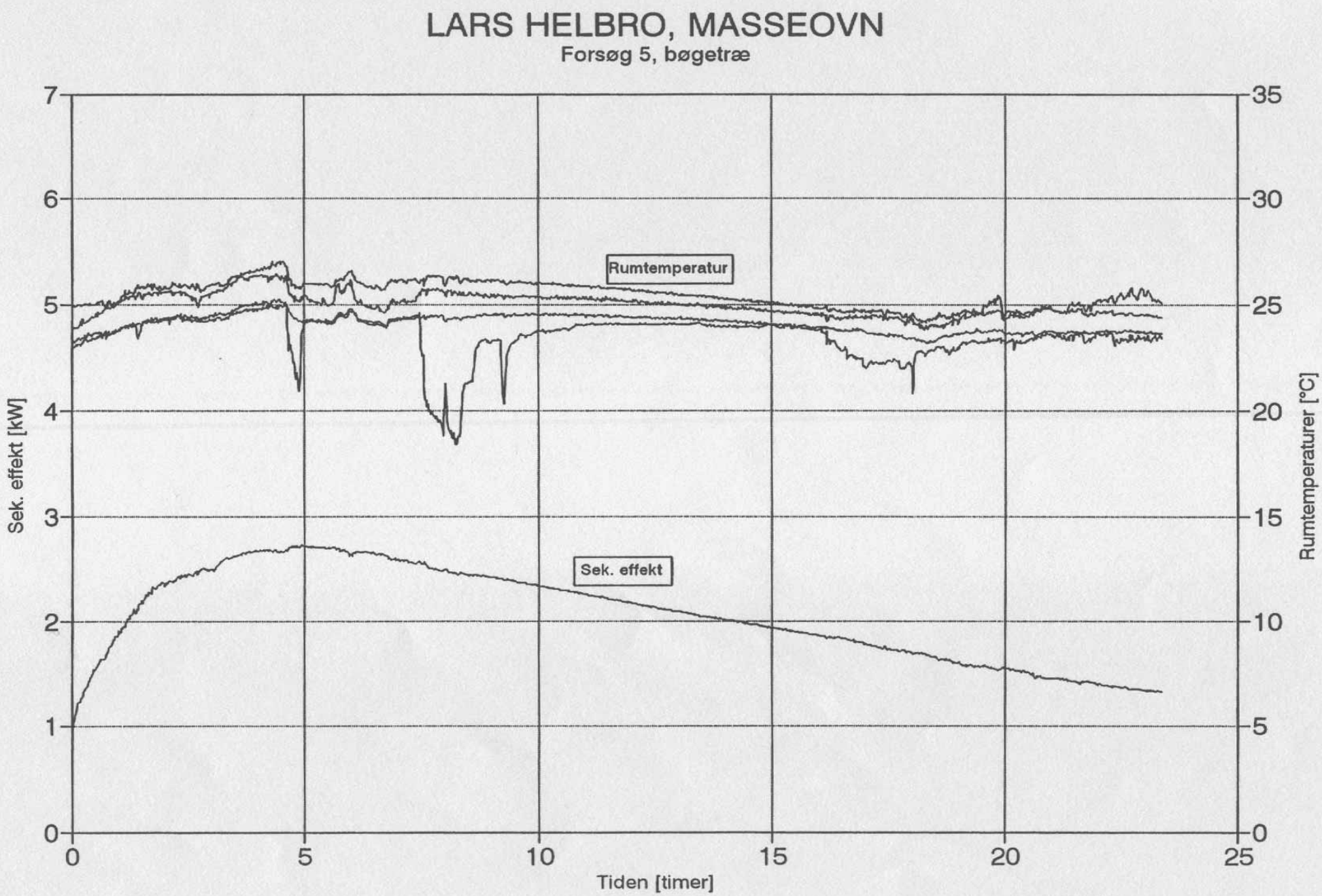
Figur 5.1


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 5, bøgetræ
CO og CO2 [%]
Røgtemperatur [°C]
Tiden [timer]
Røgtemperatur
CO2
CO
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
0
0.5
1
1.5
2
2.5

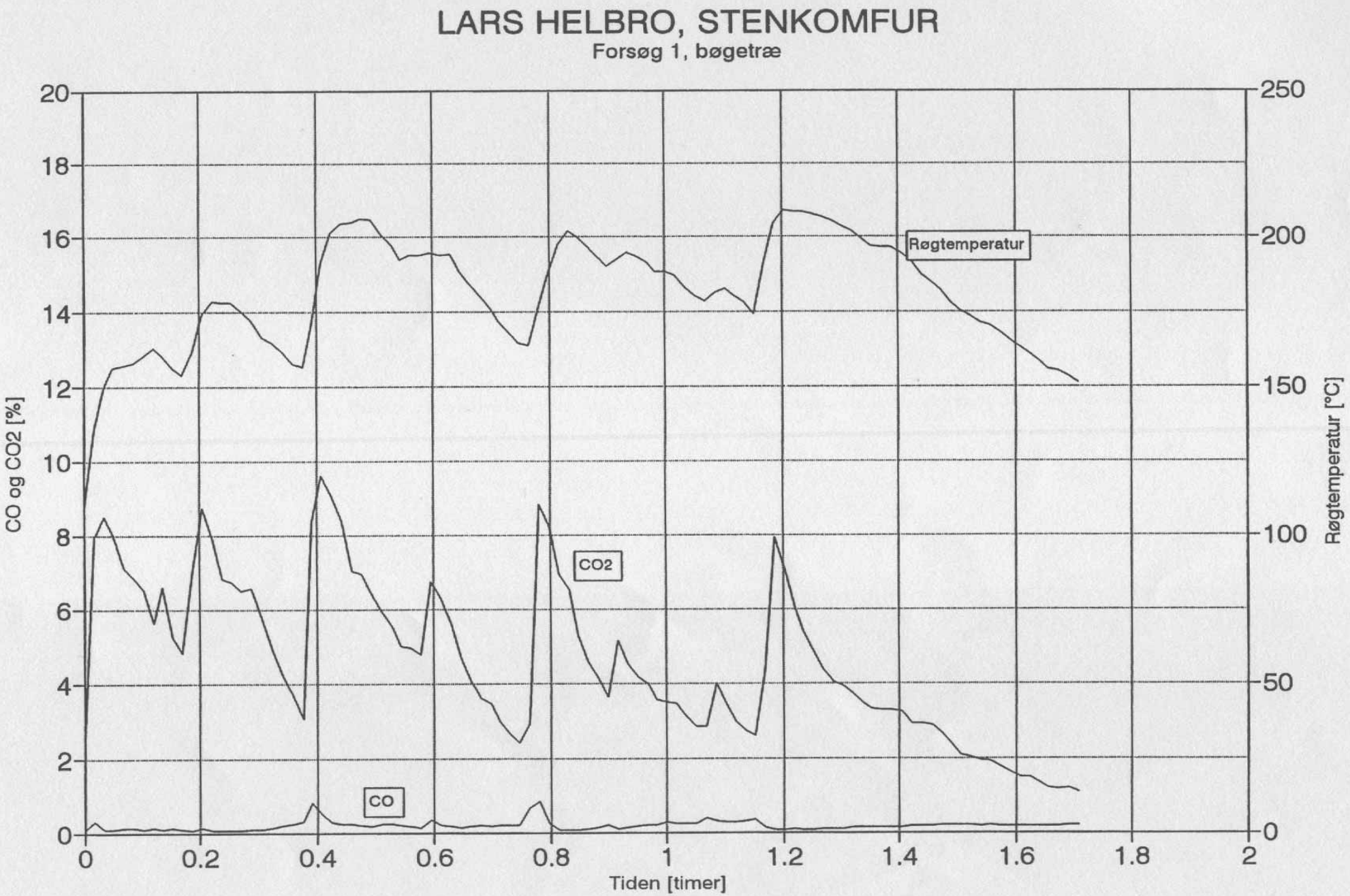
Figur 5.2


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 5, bøgetræ
Effekt [kW]
Temperaturer [°C]
Tiden [timer]
Rumtemperatur
Udetemperatur
Sek. effekt
Mid. sek. effekt
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
30
35
0
5
10
15
20
25

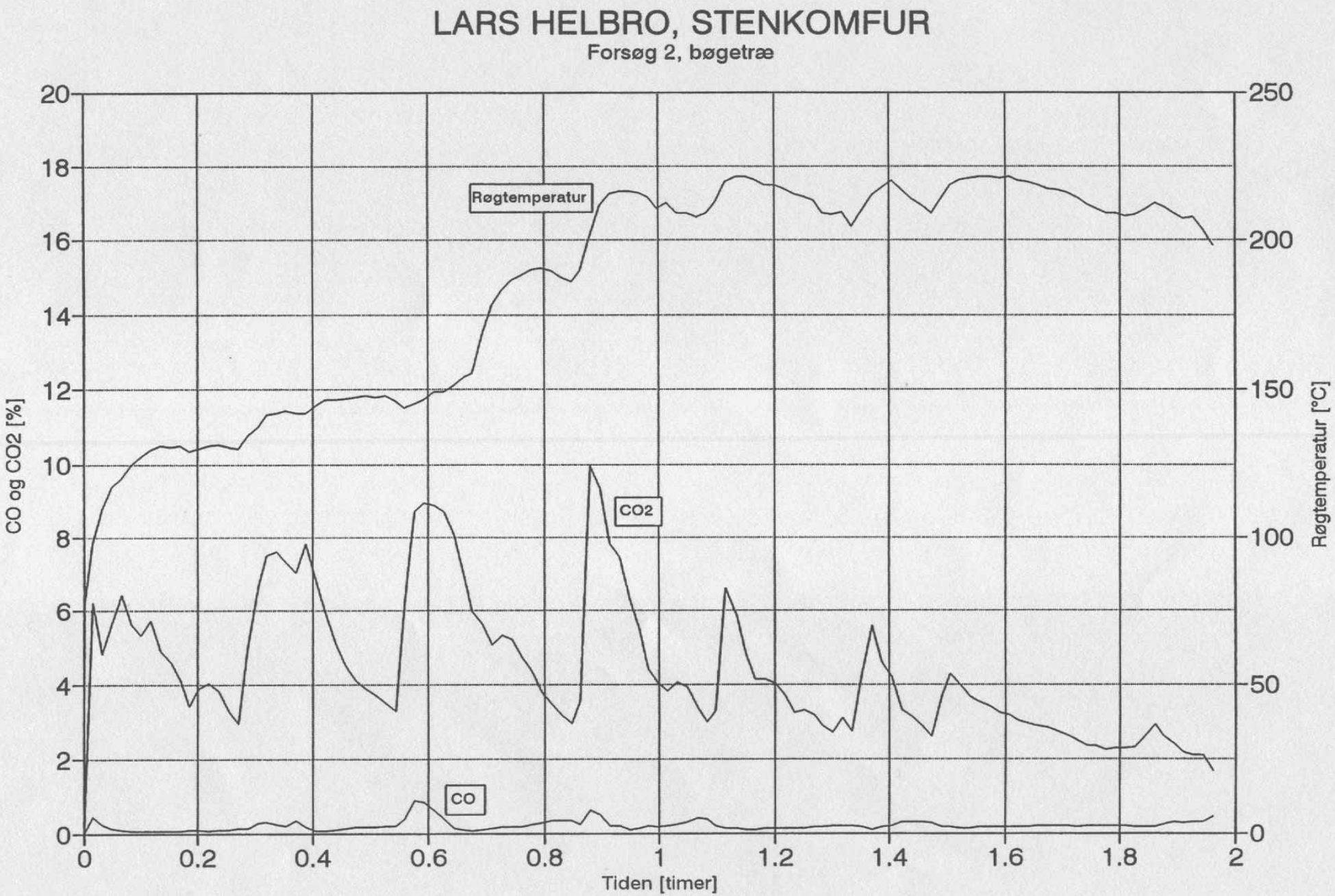
Figur 5.3


LARS HELBRO, MASSEOVN
Forsøg 5, bøgetræ
Rumtemperatur
Sek. effekt
Sek. effekt [kW]
Rumtemperaturer [°C]
Tiden [timer]
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35

Figur 5.4


LARS HELBRO, STENKOMFUR
Forsøg 1, bøgetræ
CO og CO2 [%]
Røgtemperatur [°C]
Tiden [timer]
Røgtemperatur
CO2
CO
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
50
100
150
200
250
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

Figur 6.1


LARS HELBRO, STENKOMFUR
Forsøg 2, bøgetræ
Røgtemperatur
CO2
CO
CO og CO2 [%]
Røgtemperatur [°C]
Tiden [timer]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
50
100
150
200
250
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

Figur 7.1

Afd.3.

Komfuret

Subjektiv vurdering af resultaterne v. LH.

Indledningsvis til denne afd. vil jeg gerne give udtryk for følgende:

Stor ovn:

Inden dette måleprogram blev indledt, var jeg klar over at disse ovne virkeligt var effektive. Det kunne rimeligt enkelt konstateres ved at regne lidt på egne og mange af mine kunders varmeregnskaber før og efter opførelsen af en stenovn.
At det nu er slået fast, at ovnene faktisk kan konkurrere med noget af det bedste indenfor træfyring m.h.t. såvel effektivitet som miljøbelastning, er naturligvis meget glædeligt.
Når der i bemærkningerne i DTI´s rapport står at virkningsgraden er "i samme størrelsesorden som de bedste portionsfyrede kedler", dækker dette, ifølge VE-sekretariatets liste over DS-afprøvede kedler, over 1. enkelt kedeltype, nemlig HS-Tarm Solo+.

I en sammenligning med andre træfyringsteknologier bør man bemærke, at stenovnene fungerer helt uden tilførsel af udefra kommene energi, såsom el til drift af forbrændingsluftblæser og cirkulationspumpe etc., og ej heller behøver tilslutning af en stor varmeakkumuleringstank for at "rette" det normale misforhold imellem nominel ydelse og aktuelt varmebehov.
Dette burde reelt medtages i en samlet vurdering af et varmesystems kvaliteter, men også set i et større perspektiv har det betydning for såvel den enkelte families, som samfundets sårbarhed/tryghed i.f.m. uvejr, katastrofer, eller krigssituationer.
Det bør også her bemærkes, at der ved opbygningen af såvel komfur som den store ovn, er taget andre hensyn end de rent tekniske. Udseendet og tilpasningen til husets indretning spiller altid en væsentlig rolle ved de ovne jeg bygger. Som det måske kan ses på forsidebilledet er det også tilfældet på den målte ovn.

Komfur:

Prioriteringen ved konstruktionen af komfuret var nogenlunde ligeligt fordelt på; effektivt madlavningsredskab, og rimelig effektiv varmekilde.
Det ligger udenfor dette projekts rammer at vurdere komfurets evner som madlavningsredskab nærmere, så jeg vil her blot meddele at vi selv er ganske godt tilfredse.
Også her gælder det naturligvis, at hverken snestorm eller andet udefrakommende kan forhindre os i at få varm mad.

De væsentligste resultater i prioriteret rækkefølge:

Den store ovn:

Ovnens evne til at akkumulere og fordele varmen i tid og rum.
Fine resultater på effektivitet og emission er ikke meget værd, hvis opnåelsen af disse kræver en driftsform som ikke stemmer overens med brugerens varmebehov og dagligdag.
DTI´s rapport viser, at en meget enkel betjening: (Åbn spjæld og askelåge - fyr op, og put brænde ind i småportioner over et tidsrum svarende til en god spillefilm - luk spjæld og askelåge når den sidste glød er slukket.) resulterer i en meget jævn varmeafgivelse over de næste ca.24 timer.

Varmeafgivelsen er i disse afprøvninger ikke forsøgt varieret, da vi ønskede et så solidt grundlag at vurdere resultaterne på som muligt. Den indfyrede brændemængde pr. cyklus blev valgt udfra den mængde vi i dette hus normalt anvender dagligt i ovnene i en normal fyringssæson, (dette resulterede naturligvis i højere rumtemperaturer end vi normalt foretrækker, da udetemperaturene ikke var repræsentative for en normal fyringssæson, vi foretrak dog at holde en vis distance til udetemperaturen for at få et bedre billede af varmefordelingen i rummene.
En variation i varmeafgivelsen fra 0,5kw til 4kw, vil dog næppe give anledning til de store afvigelser i ovnens effektivitet og evne til at brænde rent, da eksempelvis en mindre varmeafgivelse fås ved i kortere tid at fyre ovnen ved nominel drift. (Ved lavere sekundær effekt vil man sandsynligvis øge nyttevirkningsgraden, da middelrøgtemperaturen derved vil blive lavere (se graferne fig. x.2),- mens det omvendte vil være tilfældet ved en øget sekundæreffekt (kan sandsynligvis reduceres ved at fyre 2 gange pr. døgn)),- dette bør dog verificeres ved konkrete målinger.

Effektivitet og emission.

Egentlig taler tallene for sig selv, men igen vil jeg bemærke, at resultaterne kun i ringe grad er påvirket af selve måleproceduren. Det faktum, at ovnens varmeafgivelse passer til varmebehovet i flertallet af danske hjem, og at betjeninger er overordentlig enkel, taler for at de opnåede resultater vil være meget tæt på det man vil kunne genfinde på ovne i almindelig daglig brug. Dette kan yderligere understreges ved, at jeg under de fleste prøver fyrede som jeg (og min kone!) har gjort i den tid vi har haft ovnen, samt at forskellen ved at DTI´s medarbejder og jeg lagde al vores erfaring, fantasi, og omhyggelighed i den sidste prøve (prøve 5) kun blev meget lille.

Endelig er det min vurdering, at det ikke vil være umuligt yderligere at forbedre denne konstruktion, ikke mindst taget i betragtning, at de forbedringer der allerede er opnået i.f.t. den finske version er opnået stort set uden brug af måleudstyr.

Betydningen af et tæt røgspjæld,

Resultatet af afprøvningen af dette spjælds betydning for ovnens effektivitet, er egentlig kun vigtig, af den grund, at et sådant spjæld er ulovligt i lukkede ildsteder. Resultatet overrasker mig ikke, da et åbent (glemt) spjæld ikke kun har betydning for ovnens effektivitet, men også i høj grad ovnens brugervenlighed, der skal nemlig fyres dobbelt så tit hvis spjældet ikke lukkes helt efter endt fyring.
Da lågerne udgør den mest lufttætte del af ovnen, vil man næppe kunne reducere skorstenstabet væsentligt uden at foretage konstruktive ændringer i selve murværket, f.eks. dobbeltvægge med tæt mellemlag el.lign. hvilket uundgåeligt vil påvirke forholdet imellem primær og sekundærydelse.
Det vil altså næppe være muligt at ændre på ovnens konstruktion for at tilgodese den eksisterende lovgivning, uden samtidig at sætte væsentlige kvaliteter ved samme ovn over styr. Man kan derfor konkludere på denne afprøvning, at der er et (efterhånden akut) behov for en ændring i bygningsreglementet, som tager højde for disse ovnes eksistens.

Komfuret:

Resultaterne for virkningsgrad og emis-sion finder jeg selv absolut acceptable, ikke mindst fordi 2 forsøg er meget lidt i en helt ny konstruktion.
Der kan ikke være tvivl om, at konstruktionen kan forbedres, endog meget let, da f.eks. røgtemperaturen udmærket vil kunne sænkes yderligere, med en forbedring af nyttevirkningen til følge.
Hvorvidt det også vil være muligt at forbedre emissionstallene er det svært at udtale sig om på nuværende tidspunkt, men idéer hertil blev undfanget under prøverne.
Resultaterne af 2 afprøvning lider nok lidt af, at vi eksperimenterede med den turbulensskabende spalte under forsøget, desværre med negativt resultat.
At der ikke blev målt på sekundæreffekten ved komfuret skyldes sparehensyn. Jeg har med eget udstyr efterfølgende målt på dette, og resultatet fremgår af appendix x.
Det kan her kort bemærkes, at vægten af komfuret er væsentlig lavere end på den store ovn, og varmegennemstrømningen i den samlede konstruktion er større (p.g.a. den store støbejernskogeplade. Derfor har komfuret et større output i væsentligt kortere tid end den store ovn, man kunne som tilnærmelse sige, at det som varmekilde funktionsmæssigt befinder sig et sted imellem en alm. jernovn og en stor stenovn.
M.h.t. effektivitet og emission ser det for mig ud til at komfuret kan ligge på linje med DS-godkendte brændeovne.

Konklusion:

Måleprogrammet har i al væsentlighed bekræftet disse ovnes eksistensberettigelse, samt at fortsat udvikling af den finske udgave har været mulig, idet vi har målt højere virkningsgrad og sandsynligvis lavere emission end Teknologisk universitet i Tampere, Finland.

For den enkelte bruger er det godtgjort, at de store ovne kan byde på en meget høj nyttevirkning, stor miljøvenlighed, lav varmeregning, og stor uafhængighed af det omgivende samfunds infrastruktur.
Det tilkommer ikke mig, og måske slet ikke her, at kalde disse ovne for "best buy" især til huse uden centralvarme, men jeg gør det alligevel.

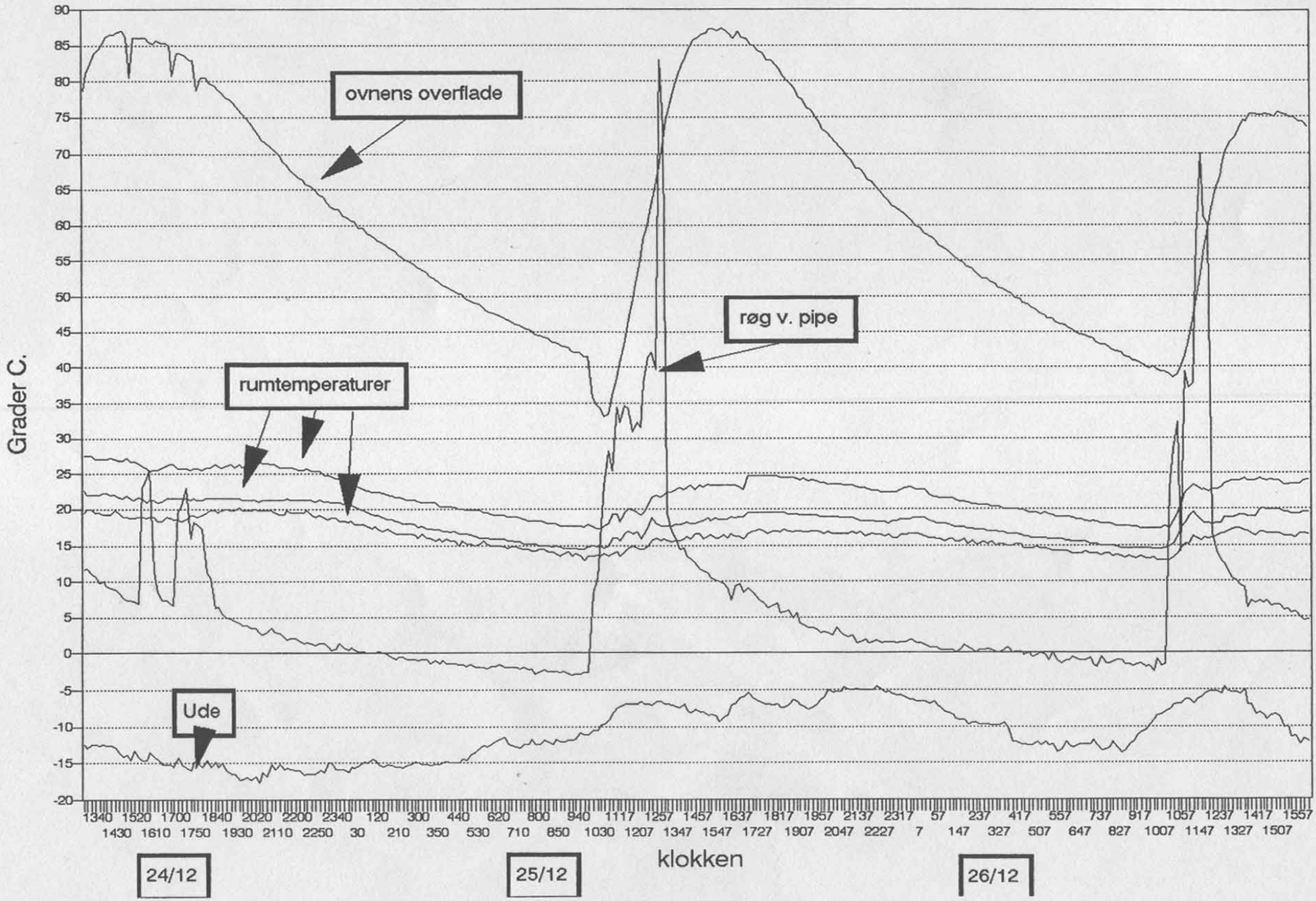
For samfundet giver stenovne sikkerhed for en god udnyttelse af en miljøvenlig indenlandsk resource, ikke mindst fordi brændslets form ikke kræver investering i stort eller kostbart udstyr, og ej heller skal bearbejdes eller findeles mere end de fleste selv kan klare med simpelt håndværktøj.
Herudover kan man være rimeligt sikker på, at der ikke vil blive anvendt miljøskadeligt brændsel, såsom store mængder plastbehandlet papir, petro-koks, bildæk eller lignende, da dette vil være direkte ødelæggende for en stenovn.

En væsentlig forudsætning er naturligvis at almindeligt skovbrænde fortsat vil være tilgængeligt på markedet.

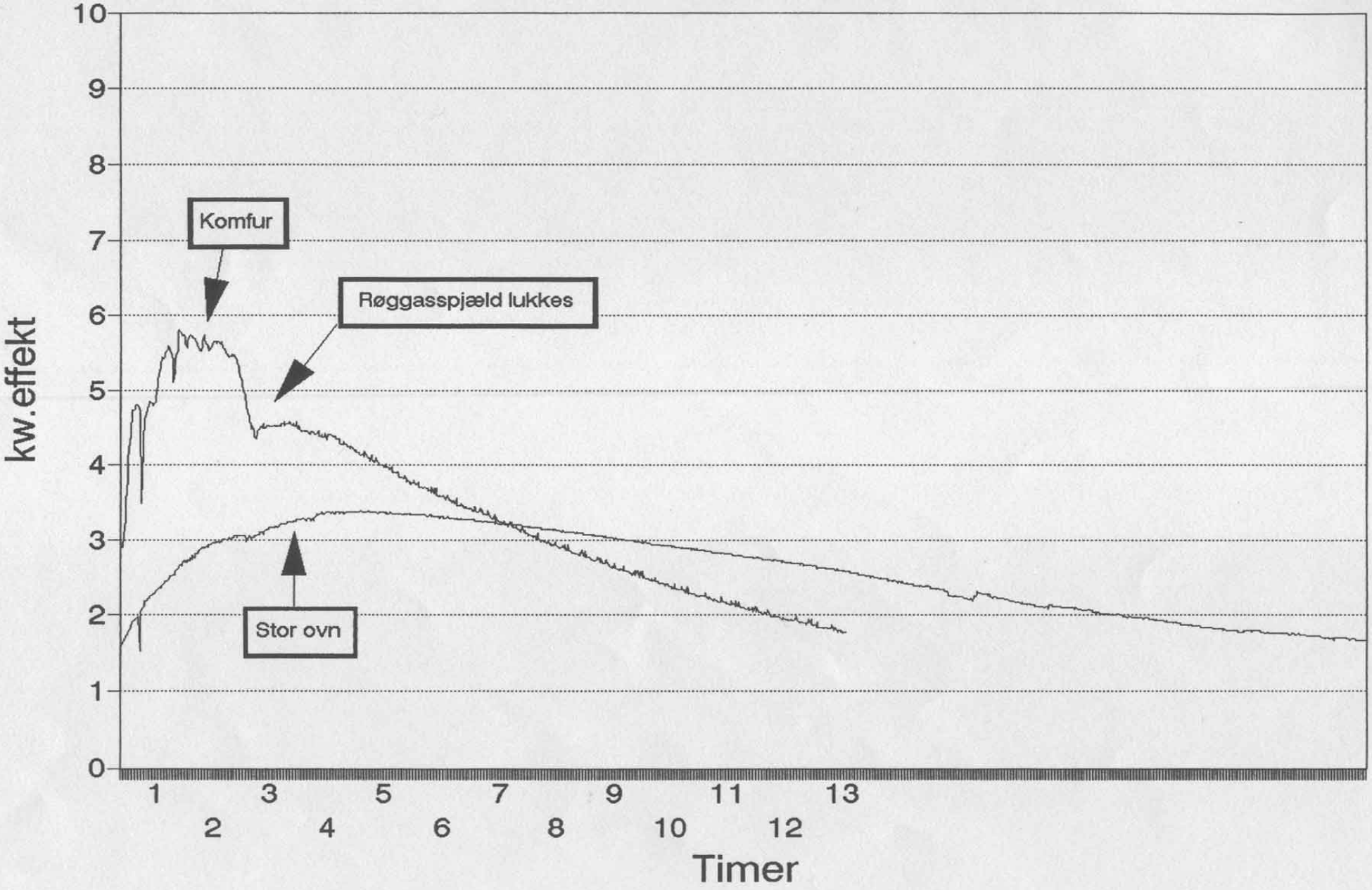
Yderligere målinger vil forhåbentlig påvise, at stenovne kan tilpasses mange forskellige boligtyper med forskellige varmebehov. Dette hus´ isoleringsgrad er yderst ringe. Efterisolering vil givetvis resultere i at en større del af huset vil kunne inddrages som fuldt opvarmet hele året uden ændringer i "varmeanlægget".

Appendix A

Målinger hjemme d.24-25-26/12 1995



Appendix B
Sekundær effekt komfur/stor ovn



appendix a:

Under omstående måleprogram var udetemperaturen desværre ikke repræsentativ for en normal fyringssæson. Derfor vises her en enkelt målinger foretaget i samme hus med samme ovn af undertegnede i julen 95 som var ualmindelig kold og blæsende. Målingen viser foruden rumtemperaturene, udetemperaturen, overfladetemperaturen på ovnen målt på siden, samt røgtemperaturen målt ca.1m fra skorstenspiben.
Målingen strækker sig over godt 2 døgn.

Bem.:
De 2 toppe på røgtemperaturen kl.15-17 d.24/12 skyldes åbning af skorstens-spjældet for at sænke temperaturen i "bageovnen" (vi skulle have en steg i). De tilsvarende og samtidige nedadvendte "toppe" på ovnens overfladetemperatur viser, at et åbnet spjæld resulterer i gennemstrømning af luft i selve murværket, dette endda til trods for, at indfyringslågen samtidigt stod helt åben.

appendix b:

Her er vist sekundæreffekten fra komfuret (egen måling og beregning) sammenlignet med sekundæreffekten fra stor ovn (DTIs måling og beregning).

appendix c:

F**orklaring til graferne i DTIs rapport.**

For hver målesession på den store ovn er vist 4 grafer, kaldet fig.1.1 til fig. 1.4, hvor første ciffer henviser til hvilken måling der er tale om.

fig. x.1 viser yderst til venstre "primær effekt" hvilket forstået som bålets varmeydelse til ovnens stenmasse, firkanten angiver effekt x tid.
Den resulterende "sekundær effekt", er varmeydelsen fra ovnens stenmasse til huset.
Gennemsnittet af denne effekt er lagt ind, "Mid.sek.effekt" således at man lettere kan se variationen over denne.
På samme graf ses udetemperaturen og rumtemperaturen målt i det rum ovnen er opstillet.
Rumtemperaturen afslører til venstre i grafen den strålevarme ovnen giver fra sig igennem lågernes glasruder under fyringen.

fig. x.2 viser resultaterne af emissionsmålinger på røgen. Co bør være lav, mens Co2 bør være høj.
På samme graf er den målte røgtemperatur lagt ind.

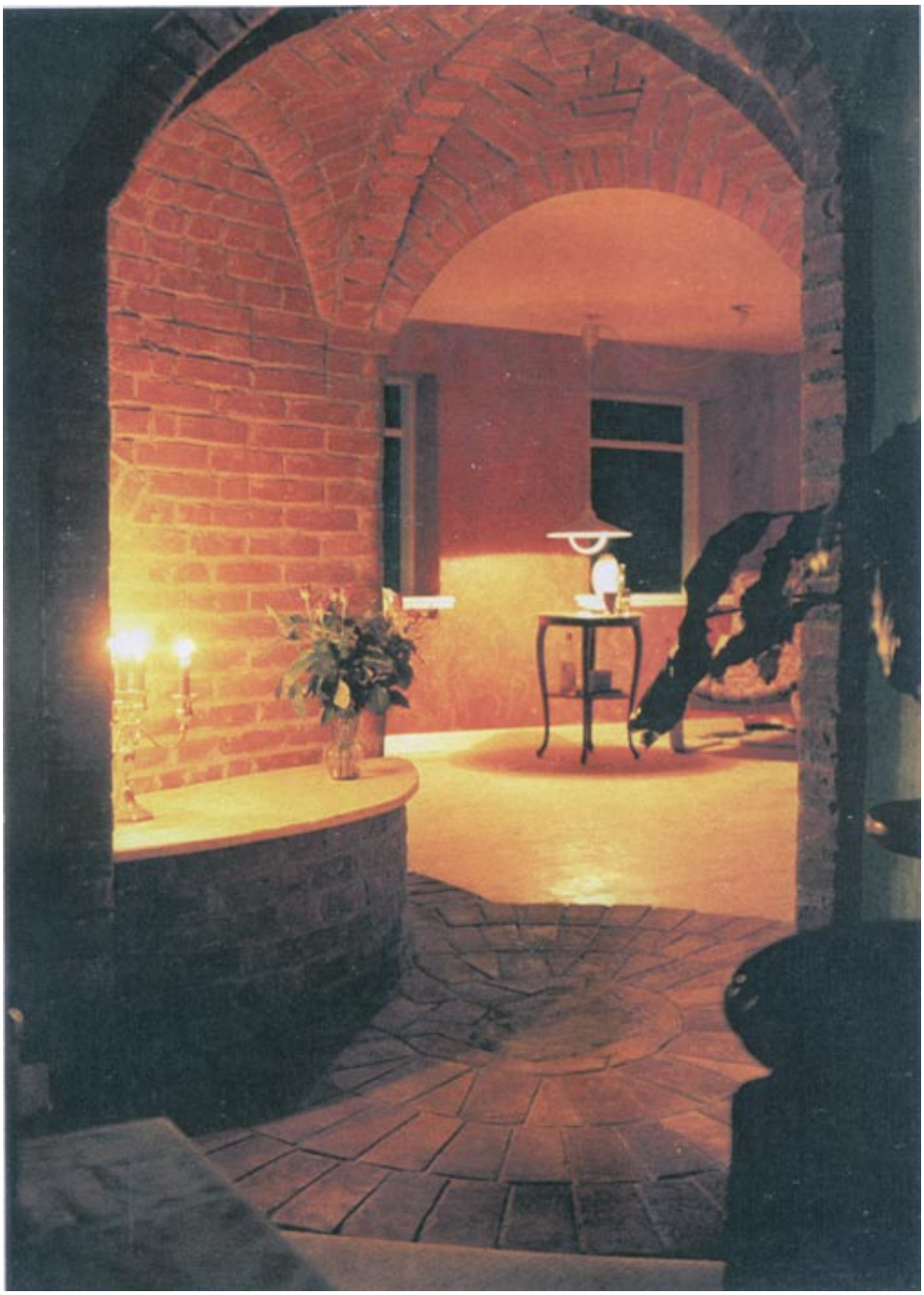
fig. x.3 viser næsten det samme som x.1, men primæreffekten er udeladt, således at sekundæreffekten har kunnet sættes med en finere skalering.

fig. x.4 viser rumtemperaturer i alle 4 målte rum, samt sekundæreffekten.
Det er på disse grafer lettere at se påvirkningen af strålevarme i stuen under fyringen, samt resultatet af udluftninger.
Denne graf er også et udtryk for ovnens evne til at fordele varme i det vandrette plan.

fig. 6.1 og 7.1 viser måleresultaterne fra stenkomfuret.

Bemærkninger til graferne:

Det ses af graferne x.2 samt 6.1 & 7.1,- at den sædvanlige "startpukkel" i co-emission stort set udebliver. Ovnene brænder altså rent fra starten.
Sammenlignes med en tilsvarene graf i bogen "Finnish Fireplaces" side 24, kan det antages at modifikationen af øverste forbrændingskammer virker efter hensigten.



Bagside af stor ovn (indgang til fyrrummet)