

**Måling av bekymringsfull høy produksjon av kullos (CO) ved
bruk av en kjele med varmeveksler av typen
Primus EtaPower™**

Svein Martini

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

27. februar 2012

FFI-rapport 2012/00404

1163

P: ISBN 978-82-464-2028-7

E: ISBN 978-82-464-2029-4

Emneord

Kullosforgiftning

Kokeapparat

Kjele

Varmeveksler

Godkjent av

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

Produksjon av kullos (karbonmonoksid) ved bruk av varmevekslerkjelen Primus EtaPower™ på flere forskjellige kokeapparat er målt. Forsvarets kokeapparat Optimus 111 av både ny og gammel type er benyttet i tillegg til et sivilt kokeapparat av typen Coleman Multifuel modell 550. Forsøkene gjennomføres ved at kjelen fylles med ispellets og settes på kokeapparatet for smelting og koking av is/vann samtidig som kullosproduksjonen og temperaturen i bunnen av kjelen måles. To slike kjeler med is kokes opp like etter hverandre ved hvert forsøk og det gjennomføres forsøk ved både høy og lav effekt for de tre kokeapparatene. Ved høy effekt ligger kullosproduksjonen på ca 450 ml/min i gjennomsnitt når kjelen benyttes på Optimus 111 for både ny og gammel type. Dette er ca 10 ganger høyere verdi enn ved bruk av en vanlig flatbunnet kjele. Kjelen benyttet på det sivile kokeapparatet Coleman gir tilsvarende verdier på ca 1300 og 2000 ml/min ettersom hvordan kjelen plasseres på kokeapparatet. Ved lav effekt ligger verdiene lavere. På bakgrunn av resultatene fra denne undersøkelsen er det grunn til å rette oppmerksomheten mot risikoen ved bruk av denne kjelen med varmeveksler (Primus EtaPower™) til koking i telt eller lignende ved ellers ordinære bruksbetingelser. Særlig koking sammenhengende over lenger tid der kjelen fylles med snø/is gjentatte ganger for smelting og koking er forbundet med stor fare.

English summary

Carbon monoxide production from the PRIMUS EtaPower™ Pot (1.7L) used on two different small commercially available camping stoves brands was examined (Optimus and Coleman). This pot was examined both at high and low power level. The carbon monoxide production from the pot used on Optimus 111 at high power level was about 450 ml/min. The corresponding value for Coleman Multifuel modell 550 was between 1300 and 2000 ml/min. This is 10 and 20 times increase in production compared to using an ordinary flat-bottomed pot, for the Optimus and Coleman respectively. Our measurements give reason for warning against the use of this pot (Primus EtaPower™) for cooking inside tents or within similar enclosed area. In particular it is advised against cooking continuously over extended periods of time.

Innhold

1	Innledning	7
2	Material og Metode	8
2.1	Kjele med varmeveksler (Primus EtaPower™)	8
2.2	Protokoll for forsøkene	9
3	Resultater	10
3.1	Med kokeapparat Oprimus 111	10
3.1.1	Optimus 111 ny type	10
3.1.2	Optimus 111 gammel type	13
3.2	Med andre kokeapparat	16
3.2.1	Kjelen på Coleman kokeapparat i "høy stilling"	17
3.2.2	Kjelen på Coleman kokeapparat i "lav stilling"	20
4	Diskusjon og konklusjon	22
4.1	Konklusjon	22
	Referanser	23

1 Innledning

Forsvarets vinterskole (FVS) har sendt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) flere forskjellige sivile kokeapparat for vurdering. Det er særlig vurdering av kullosproduksjonen ved bruk av kald kjele på kokeapparatet de er interessert i. FFI har tidligere i FFI-rapport 1997/296910 (1) advart mot bruk av kokeapparat til smelting av snø/is i telt og særlig da kokeapparat fra Coleman på grunn av kullosfaren. I januar fikk FFI en kjele med varmeveksler av typen Primus EtaPower™ tilsendt fra FVS ved major Jo Gunnar Ellevold (NK ved FVS) og han ønsket at FFI skulle gjennomføre kullosmålinger med denne kjelen.

Disse kjelene med varmeveksler selges i vanlige sportsforretninger og produsenten (PRIMUS AB SWEDEN) lover 50 % øket effektivitet og påpeker at denne kjelen kan brukes på alle Primus, MSR, Brunton og Coleman kokeapparat. Når denne kjelen brukes på et kokeapparat ute i friluft vil det ikke representere noen fare, men dersom det benyttes i en form for avlukke som for eksempel et telt, kan det være forbundet med fare. Det er den ikke synlige, lukt- og smakfri gassen kullos (CO) som representerer den største faren. Det kjemiske korrekte navnet på denne gassen er karbonmonoksid og det kjemiske tegnet er CO.

I Forsvaret benytter en ofte kokeapparatet Optimus 111 til oppvarming av telt av typen knappetelt der for eksempel 10 duker er satt sammen via et knappesystem. Et lag på 7 til 10 soldater vil få plass i et slikt telt. Det vil alltid være en fyringsvakt i teltet så lenge kokeapparatet benyttes. I løpet av en natt vil det å være fyringsvakt gå på omgang mellom dem som er i teltet. Vedkommende vil ofte samtidig koke varmtvann til lagets termosener enten basert på vann funnet i åpne bekker og under islagte vann (isboring) eller snø/is smeltes. Dette er tidkrevende, særlig dersom en må smelte snø og is. Soldatene trenger mye vann da ofte aktiviteten er høy når de er ute i felt, vinterstid er det for eksempel snakk om 4 til 6 liter i døgnet for hver soldat. Derfor kan koking av vann foregå over flere timer i teltet og soldatene vil dermed bli eksponert for de avgassene som kommer fra kokeapparatene i sammenhengende lang tid. Dersom disse avgassen inneholder uakseptable nivåer av kullos, kan det være fatalt.

FVS hadde gjort noen foreløpige målinger med et håndholdt målesystem for kullos (Multi-Gas Monitor – Q-RAE PLUS PGM-2000/2020). Disse målingene er gjennomført i et lukket telt, det vil si i Bergans endukstelt der luftelukene ble tettet. Den aktuelle kjelen med varmeveksler ble fylt med vann og isbiter og satt på et kokeapparat ved full effekt (Optimus 111). De fikk høye konsentrasjoner av kullos (CO) ved målinger i dette teltet allerede etter 5 min, opp mot 1000 ppm. Dette er en svært høy og helseskadelig verdi som kan gi bevisstløshet allerede etter 2 timer og død kan inntreffe etter 6 timer, ved lav aktivitet (1). Dette skjer raskere med høy aktivitet. Imidlertid, siden de ikke har hatt kontroll på ventilasjonen i teltet, er det vanskelig å vite hvor farlig det egentlig har vært. Siden teltet var svært tett, kanskje så tett at en person ikke kunne oppholde seg der på grunn av mangel på oksygen og rask økning til høye CO₂-verdier, kan det ha vært en helt urealistisk situasjon. I en slik situasjon kan CO øke svært raskt. Dessuten er et slikt håndholdt målesystemet for kullos ikke så pålitelig som de gassanalytorene FFI benytter.

FVS har blant annet ikke de samme mulighetene til kalibrering av systemet med kalibreringsgasser, det har derimot FFI.

FFI begynte å måle på denne kjelen med varmeveksler den 1. februar 2012.

2 Material og Metode

Målinger med kjelen med varmeveksler av typen Primus EtaPower™ ble utført ved bruk av Forsvarts kokeapparatet Optimus 111 der drivstoffet parafin av typen lampeolje (C10 – C13 Normal parafin) ble benyttet. Den aktuelle kjelen er beskrevet i avsnitt 2.1 og hvordan forsøkene ble gjennomført er kort beskrevet i påfølgende avsnitt 2.2. I tillegg til forsøk utført med både Optimus 111 gammel og ny type er det også gjennomført forsøk med kjelen på kokeapparat av typen Coleman Multifuel modell 550.

2.1 Kjele med varmeveksler (Primus EtaPower™)

Disse kjelene selges i vanlige sportsforretninger og på esken til kjelen loves det 50 % øket effektivitet. Produsenten (PRIMUS AB SWEDEN) skriver at denne kjelen kan brukes på alle Primus, MSR, Brunton og Coleman kokeapparat. Denne EtaPower™ turkjelen er laget av hardanodisert aluminium med et flerlags titan ”non-stick” belegg innvendig. Kjelen har lokk og separat håndtak, og den er utstyrt med integrert



Figur 2.1 *EtaPower™ kjelen med varmeveksler sett fra siden (venstre) og snudd opp ned slik at bunnen med varmeveksler kommer til syne (høyre).*

varmeveksler i bunnen som vist i Figur . Dette gjør at en koker 30 % mer effektivt opplyses det på Anton Sport sin internett side. Kjelene finnes i to størrelser 1,7 og 2,1 liter. I forsøkene som er gjennomført her er bare kjelen på 1,7 liter benyttet.

2.2 Protokoll for forsøkene

Basert på målinger av CO og CO₂ i avgassen fra kokeapparatet med kjele og den samtidige effekten til kokeapparatet, beregnes produksjonen av CO. Effekten som kokeapparatet brenner med, beregnes i egne forsøk der trykket i tanken registreres samtidig som mengden drivstoff forbrukt, over en bestemt tidsperiode, måles. Basert på denne sammenhengen kan en få ønsket effekt ved bare å regulere trykket i tanken.



Figur 1.2 Kjelen med varmeveksler(EtaPower™) med is plassert på kokeapparatet Optimus 111 med en trakt over til å fange opp avgassene for analyse. Isen sees i kjelen til venstre og flammebildet under kjelen sees til høyre.

Like før en starter målingene fylles kjelen med is. Deretter settes den på kokeapparatet som brenner med en bestemt effekt, bestemt av trykket i tanken (Figur 1). Kokeapparatet med kjele står inne i et avtrekkskap og en gassprøve fra avgasser fra dette systemet suges ved en pumpe inn til to Binos gassanalytatorer der den ene måler CO og den andre både CO₂ og CO. Analytatorene som benyttes er en Binos 100 2M (Fisher-Rosemount) som måler CO i området 0 – 5000 ppm og en Binos 1,2 (Leybold- Heraeus) som måler CO₂ i området 0 – 20 % og CO i området 0 – 1000 ppm. Trykket i tanken måles og er konstant under hele forsøket og dermed også effekten. Temperaturer inne i kjelen måles også, et termoelement er festet i midten av bunnen av kjelen på innsiden. Når vannet i kjelen koker blir kjelen tatt av kokeapparatet og en tømmer ut det varme vannet som utgjør ca 10 dl. Deretter fylles kjelen med is før den igjen settes på kokeapparatet og en ny målesekvens kan begynne. I denne studien gjennomføres det to slike målesekvenser ved hvert forsøk.

3 Resultater

3.1 Med kokeapparat Optimus 111

I Forsvaret benyttes to typer av Optimus 111 og de går under betegnelsen ny og gammel type. Den største forskjellen er at brennerhodet på den nye typen er annerledes enn på den gamle, dessuten støyer den nye mindre enn den gamle. I denne studien er begge typer testet.

3.1.1 Optimus 111 ny type

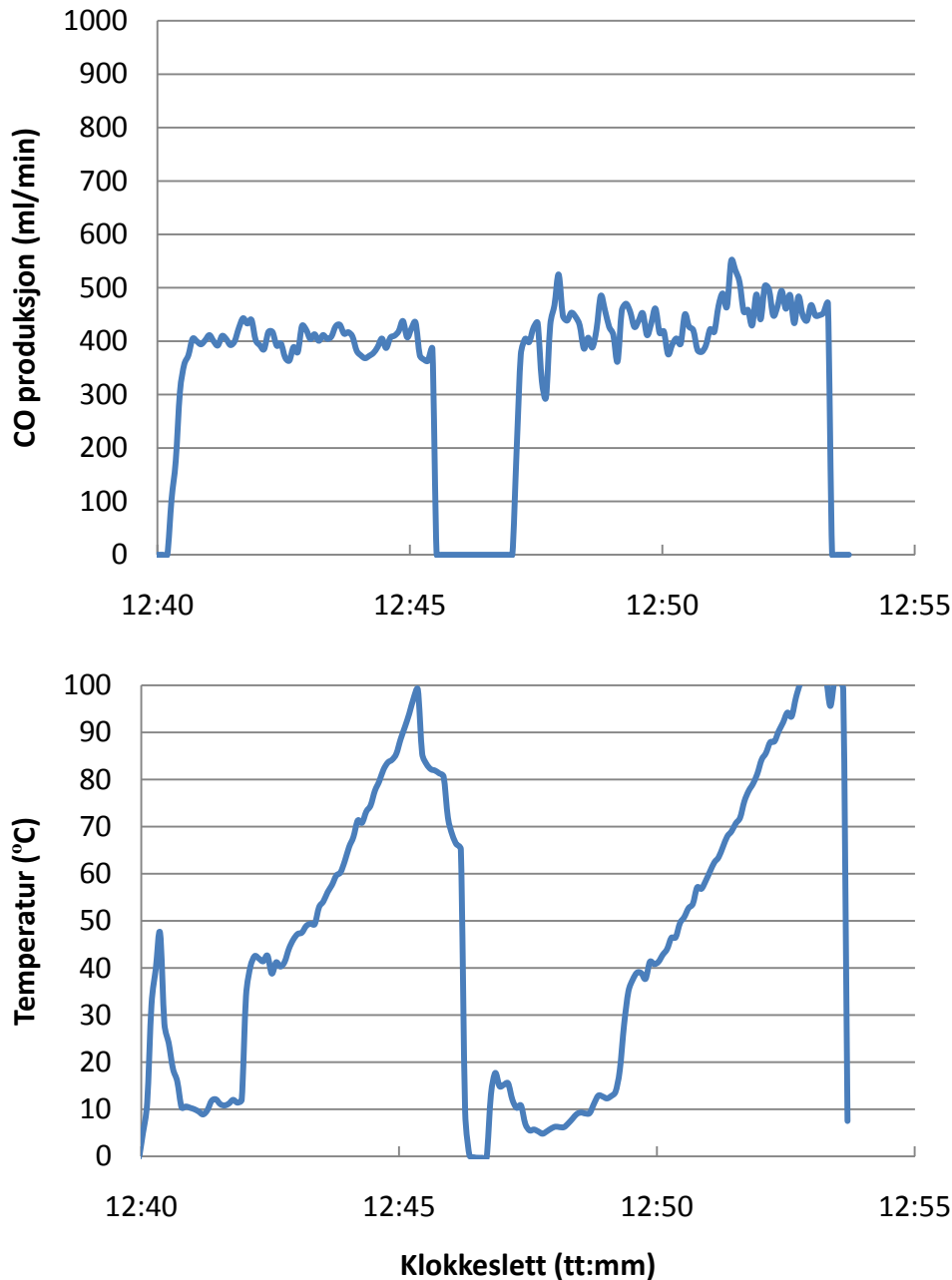
Det er gjennomført forsøk ved to forskjellige effekter, både ved 2,5 og 1,5 kW.

3.1.1.1 Høy effekt - 2,5 kW

Kullosverdier så høye som 400 – 500 ml/min ble målt når varmevekslerkjelen (EtaPowerTM) med is i ble benyttet på et kokeapparat av typen Optimus 111 ved en effekt på 2,5 kW (Tabell 3.1). Dette er betydelig høyere verdier enn det som er målt med vanlig flatbunnet kald kjele i samme effektområde (Tabell 3.1) og som igjen er i samsvar med tidligere målinger beskrevet i FFI rapport (1). Dersom ingen kjele benyttes på Optimus 111 er kullosverdiene meget lave.

Kokeapparat	Flamme- bilde	Flamme- kjøling	Trykk: Overtrykk i tanken (atm)	Brennstoff- forbruk tilsvarende effekt (kW)	CO- produksjon (ml/min)	Merknader
Optimus 111 (ny type)	Blå flammer	Kjele m/ varme- veksler	1,5	ca 2,5	400 – 500	Forsøk utført 3-2-12
»	Blå flammer	Flat- bunnet kjele	1,5	ca 2,5	40	Forsøk utført 2-2-12
»	Blå flammer	Uten kjele	1,5	ca 2,5	2 – 4	Fra FFI rapport 1997 (1)

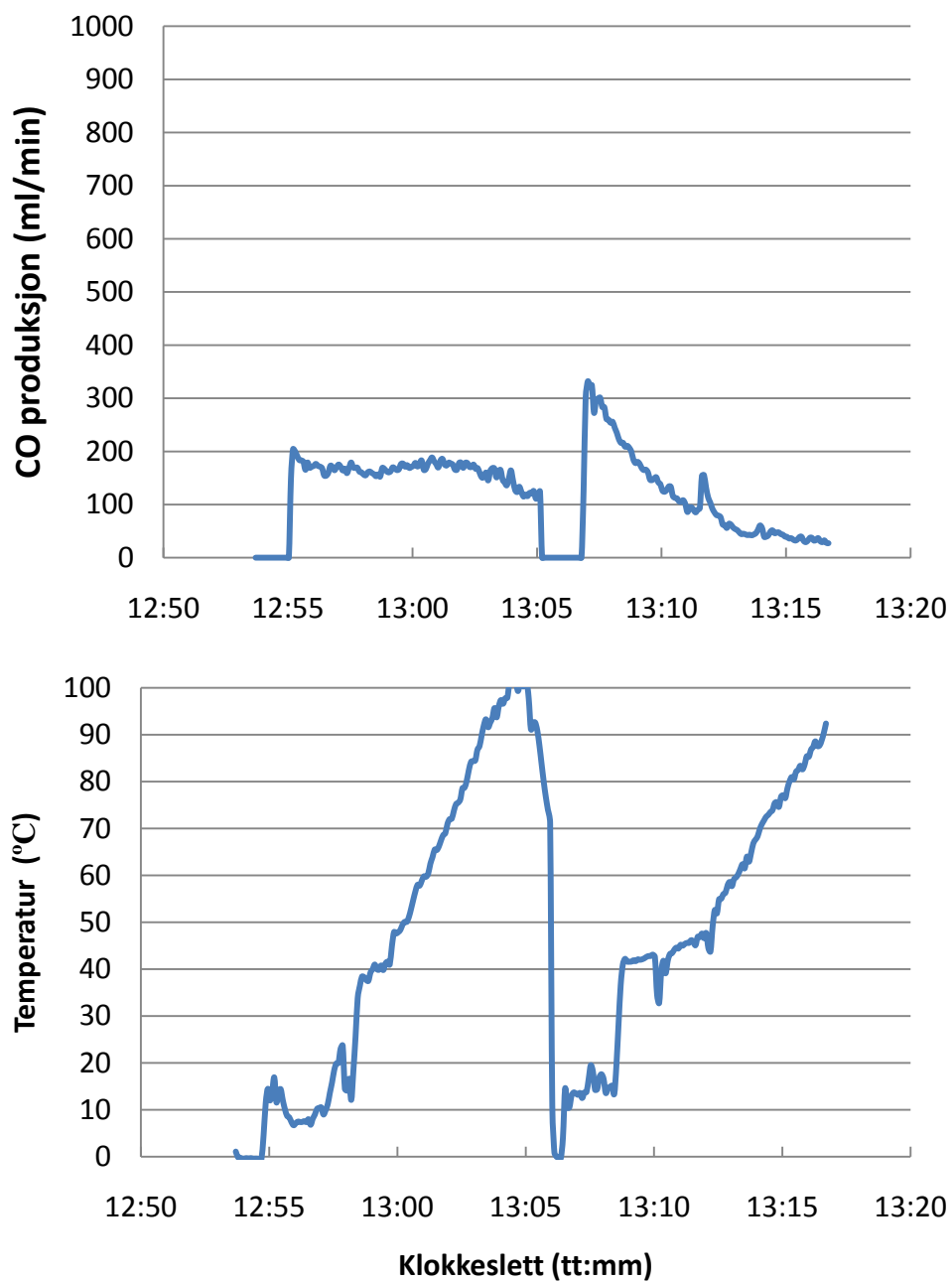
Tabell 3.1 Dannelse av kullos (CO) fra forsøk med kokeapparatet Optimus 111 (ny type) ved 2,5 kW med kjelen med varmeveksler (EtaPowerTM) der en hadde ispellets i kjelen, med flatbunnet kjele med kaldt vann (kjøleplate) og helt uten kjele.



Figur 2.1 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPowerTM i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparat Optimus 111 (ny type) er benyttet ved en effekt på 2,5 kW.

Forløpet av kullosproduksjonen og temperaturen i bunnen av kjelen er vist i Figur 2.1. Produksjonen av kullos er forholdsvis stabil på ca 400 ml/min ved første oppkok som tar omtrent 5 min, mens produksjonen øker opp mot 500 ml/min i andre oppkok samtidig som det tar litt lenger tid, ca 6 min.

3.1.1.2 Lav effekt - 1,5 kW



Figur 3.2 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPowerTM i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparat Optimus 111 (ny type) er benyttet ved en effekt på 1,5 kW.

Når effekten til kokeapparatet med varmevekslerkjelen settes ned fra 2,5 til 1,5 kW reduseres produksjonen av kullos fra 400-500 til 150-200 ml/min (Figur). Ved første oppkok er produksjonen stabil, mens i andre oppkoke faller produksjonen i løpet av kokeperioden fra 330 til 30 ml/min. Kokeperioden øker fra omtrent 5 til 10 minutter når effekten avtar fra 2,5 til 1,5 kW (under forutsetning av at samme mengde ispellets er benyttet i kjelen i disse forsøkene).

3.1.2 Optimus 111 gammel type

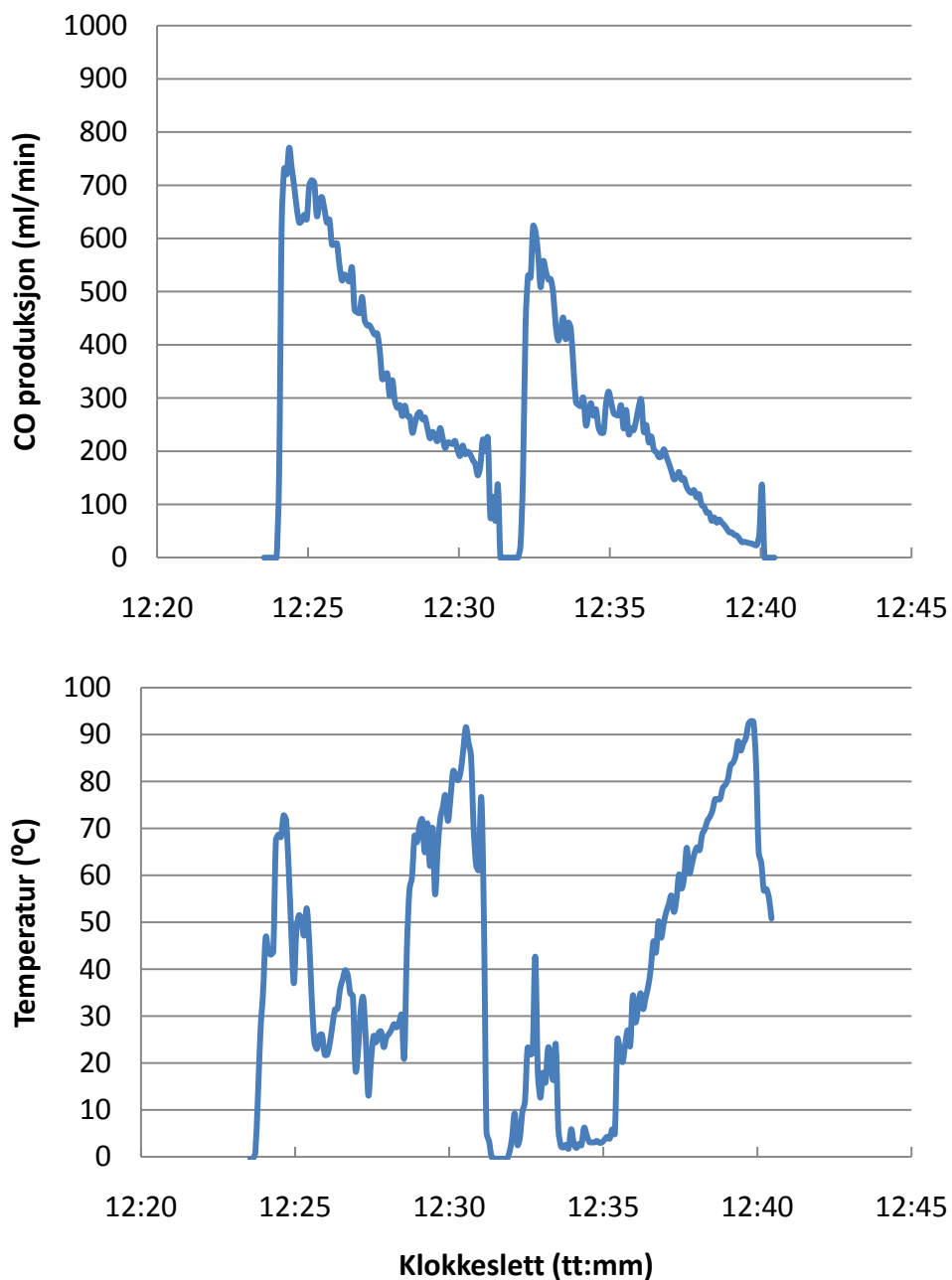
Det er også for denne gamle typen av Optimus gjennomført forsøk ved to forskjellige effekter, både ved 2,4 og 1,4 kW. Vi fikk ikke innstilt trykket i tanken slik at effekt ble 2,5 og 1,5 slik som i de to foregående forsøkene, men det viktige er å få målt ved to effekter.

3.1.2.1 Høy effekt - 2,4 kW

Når varmevekslerkjelen (EtaPowerTM) med is i ble benyttet på et kokeapparat av typen Optimus 111 av gammel type økte kullosproduksjonen i første del av forsøket ved høy effekt i forhold til Optimus 111 av den nye typen, men de gjennomsnittlige verdiene er omtrent de samme. Produksjonen av CO er imidlertid betydelig høyere enn det som er målt med vanlig flatbunnet kald kjele (kjøleplate) i samme effektområde (Tabell 3.2).

Kokeapparat	Flamme- bilde	Flamme- kjøling	Trykk: Overtrykk i tanken (atm)	Brennstoff- forbruk tilsvarende effekt (kW)	CO- produksjon (ml/min)	Merknader
Optimus 111 (gammel type)	Blå flammer	Kjele m/ varme- veksler	1,4	ca 2,4	750 – 200	Forsøk utført 7-2-12
»	Blå flammer	Flat- bunnet kjele	1,4	ca 2,4	35 - 20	Forsøk utført 7-2-12
»	Blå flammer	Uten kjele	1,4	ca 2,4	2 – 4	Fra FFI rapport 1997 (1)

Tabell 3.2 *Dannelse av kullos (CO) fra forsøk med kokeapparatet Optimus 111 (gammel type) ved 2,4 kW med kjelen med varmeveksler(EtaPowerTM) der en hadde ispellets i kjelen, med flatbunnet kjele med kaldt vann (kjøleplate) og helt uten kjele.*

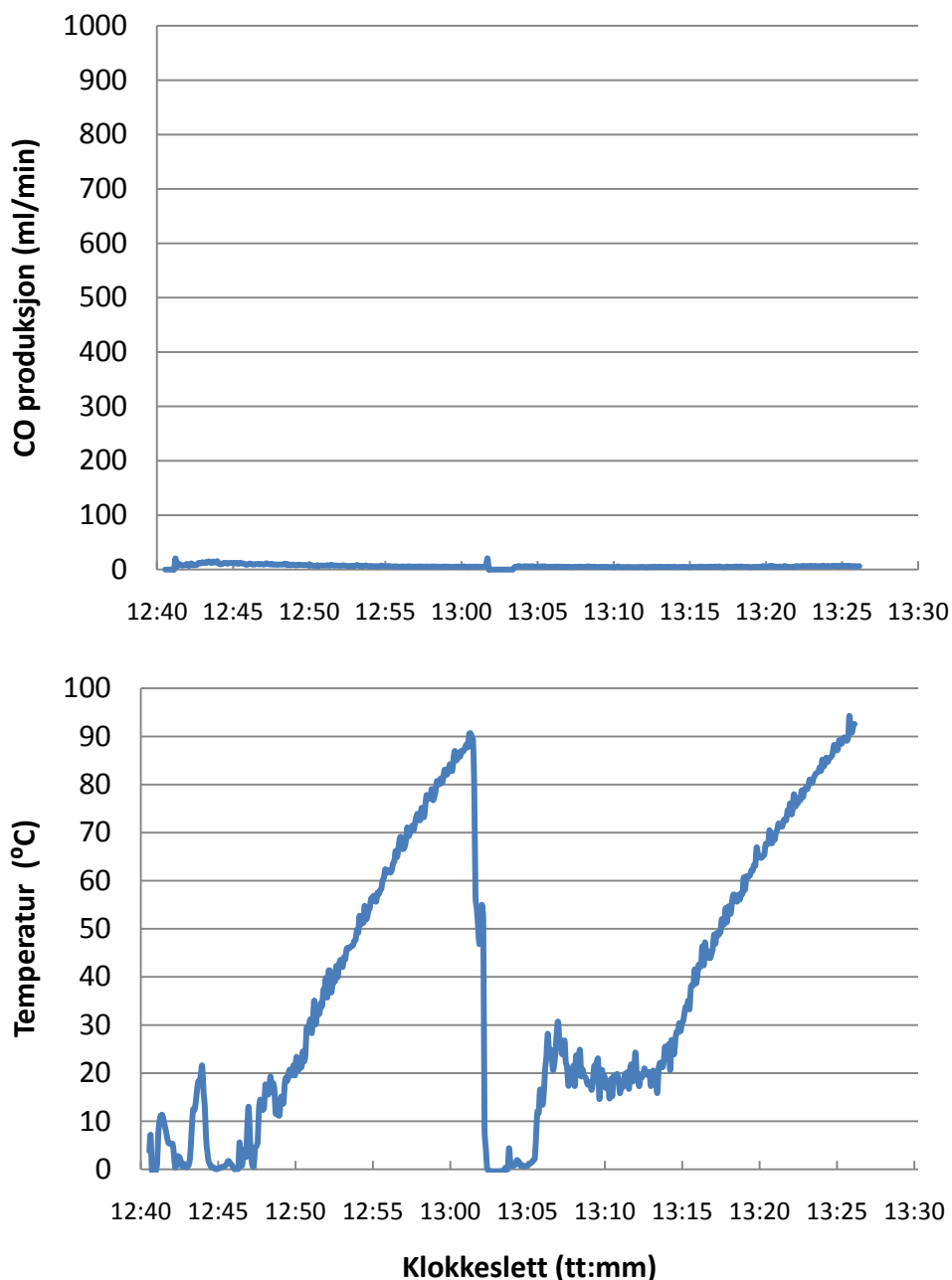


Figur 3.3 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPowerTM i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparat Optimus 111 (gammel type) er benyttet ved en effekt på 2,4 kW.

Forløpet av kullosproduksjonen faller betydelig i løpet av begge kokesekvensene fra ca. 750 til 200 ml/min. Temperaturen i bunnen av kjelen er mer ustabil i første kokeperiode, enn i andre noe som trolig er et resultat av forandringer av strømminger i vannet/isen under oppvarming.

3.1.2.2 Lav effekt - 1,4 kW

Når effekten til kokeapparatet Optimus 111 gammel type med varmevekslerkjelen settes ned fra 2,4 til 1,4 kW reduseres produksjonen av kullos til helt ubetydelige verdier, lavere enn 15 ml/min (Figur 3.4). Kokeperioden øker fra omtrent 7 til 20 minutter når effekten avtar fra 2,4 til 1,4 kW (under forutsetning av at samme mengde ispellets er benyttet i kjelen i disse forsøkene).



Figur 3.4 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPowerTM i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparat Optimus 111 (gammel type) er benyttet ved en effekt på 1,4 kW.

3.2 Med andre kokeapparat

Det er også utført forsøk med et kokeapparat fra Coleman Multifuel mod. 550 med denne kjelen (EtaPower™). Dette kokeapparatet fikk vi fra FVS ved årsskiftet 2011/2012 og de hadde nylig fått apparatet fra leverandøren. Leverandøren hevder at det er gjort betydelig forbedringer på dette apparatet siden de tilsvarende modellene ble testet av FFI i 1997 (1). Resultatene fra denne studien viser imidlertid at den nylig innkjøpte Coleman modellen, gir samme verdier for kullosproduksjon som de modellene som ble testet i 1997. Dette gjelder ved koking med flatbunnet kald kjele der en fikk bekymringsfull høy kullosproduksjon. Brennstoffet benyttet til Coleman under disse forsøkene var ikke parafin som for Optimus 111, men bensin eller rettere sagt heptan. Heptan er et hydrokarbon i gruppen alkaner med 7 karbonatomer.

På grunn av at kjelen med varmeveksler (EtaPower™) kan plasseres på kokeapparatet Coleman Multifuel mod. 550 på to måter er det gjennomført to forsøksserier. Den ene serien er betegnet med "høy stilling" og da er kjelen i flukt med øvre del av finnene til kokeapparatet. Den andre serien er betegnet med "lav stilling" og da kjelen presses ned ca 1 cm slik at finnene til kokeapparatet kommer inn mellom ribbene under kjelen. Se Figur som viser de to måtene kjelen kan settes på kokeapparatet.



Figur 3.5 Kjelen med varmeveksler (EtaPower™) kan plasseres på Coleman Multifuel mod. 550 på to måter, til venstre er den satt på finnene (høy stilling) og til høyre er den presset ned slik at den står støtt på kokeapparatet (lav stilling).

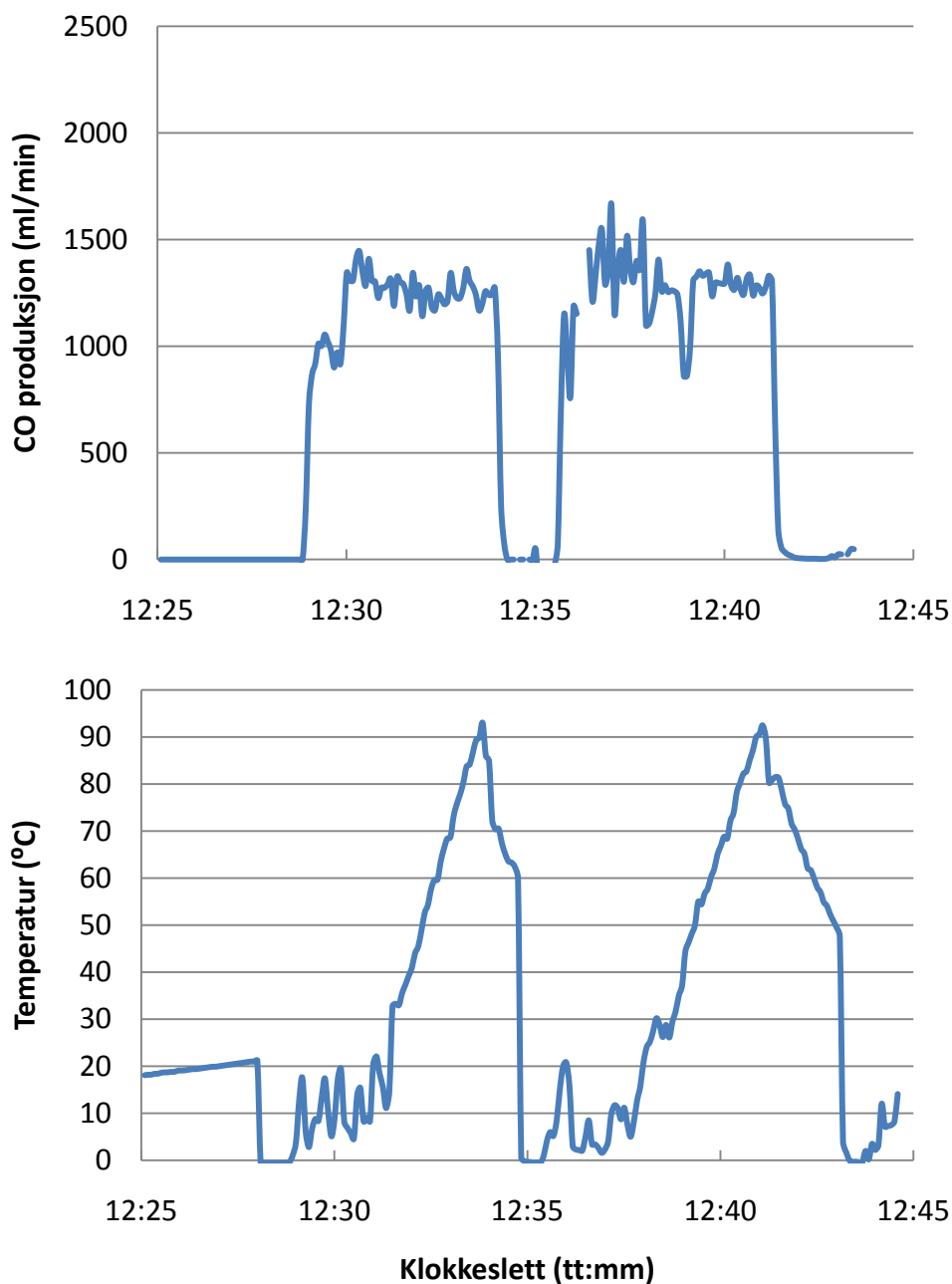
Koke- apparat	Flamme- bilde	Flamme- kjøling	Trykk: Overtrykk i tanken (atm)	Brennstoff- forbruk tilsvarende effekt (kW)	CO- produksjon (ml/min)	Merknader
Coleman Multifuel mod. 550	Lange blå flammer	Kjele m/ varme- veksler (høy stilling)	1,5	ca 1,8	1000 – 1400	Forsøk utført 9-2-12
”	Lange blå flammer	Kjele m/ varme- veksler (lav stilling)	1,5	ca 1,8	1800 – 2200	Forsøk utført 10-2-12
”	Lange blå flammer med litt gult	Flat- bunnet kjele (kjøle- plate)	1,5	ca 1,8	120	Forsøk utført 26-1-12
”	Blå flammer	Uten kjele	1,5	ca 1,8	2	Forsøk utført 26-1-12

Tabell 3.3 Dannelse av kullos (CO) fra forsøk med kokeapparatet Coleman Multifuel mod. 550 med kjelen med varmeveksler (EtaPowerTM) i høy og lav stilling der en hadde ispellets i kjelen, med flatbunnet kjele med kaldt vann (kjøleplate) og helt uten kjele.

3.2.1 Kjelen på Coleman kokeapparat i ”høy stilling”

Det er utført forsøk både ved både høy og lav effekt, henholdsvis 1,8 og 1,25 kW.

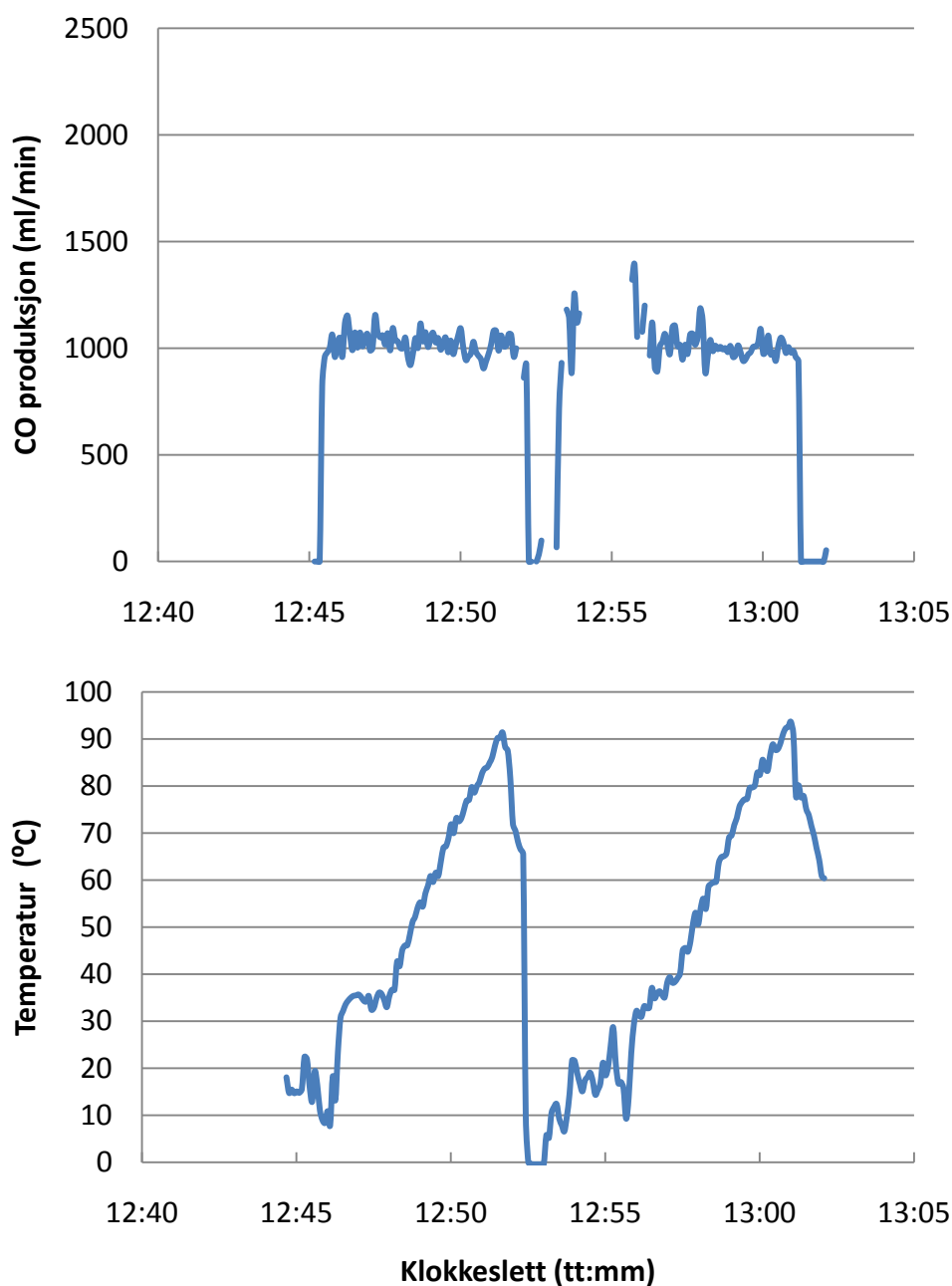
3.2.1.1 Høy effekt - 1,8 kW



Figur 3.6 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPower™ ved høy stilling på Coleman kokeapparat i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparatet Coleman Multifuel mod. 550 er benyttet ved en effekt på 1,8 kW.

Forløpet av kullosproduksjonen og temperaturen i bunnen av kjelen er vist Figur 3.6. Produksjonen av kullos er forholdsvis stabil på ca 1300 ml/min i begge kokeperiodene.

3.2.1.2 Lav effekt - 1,25 kW



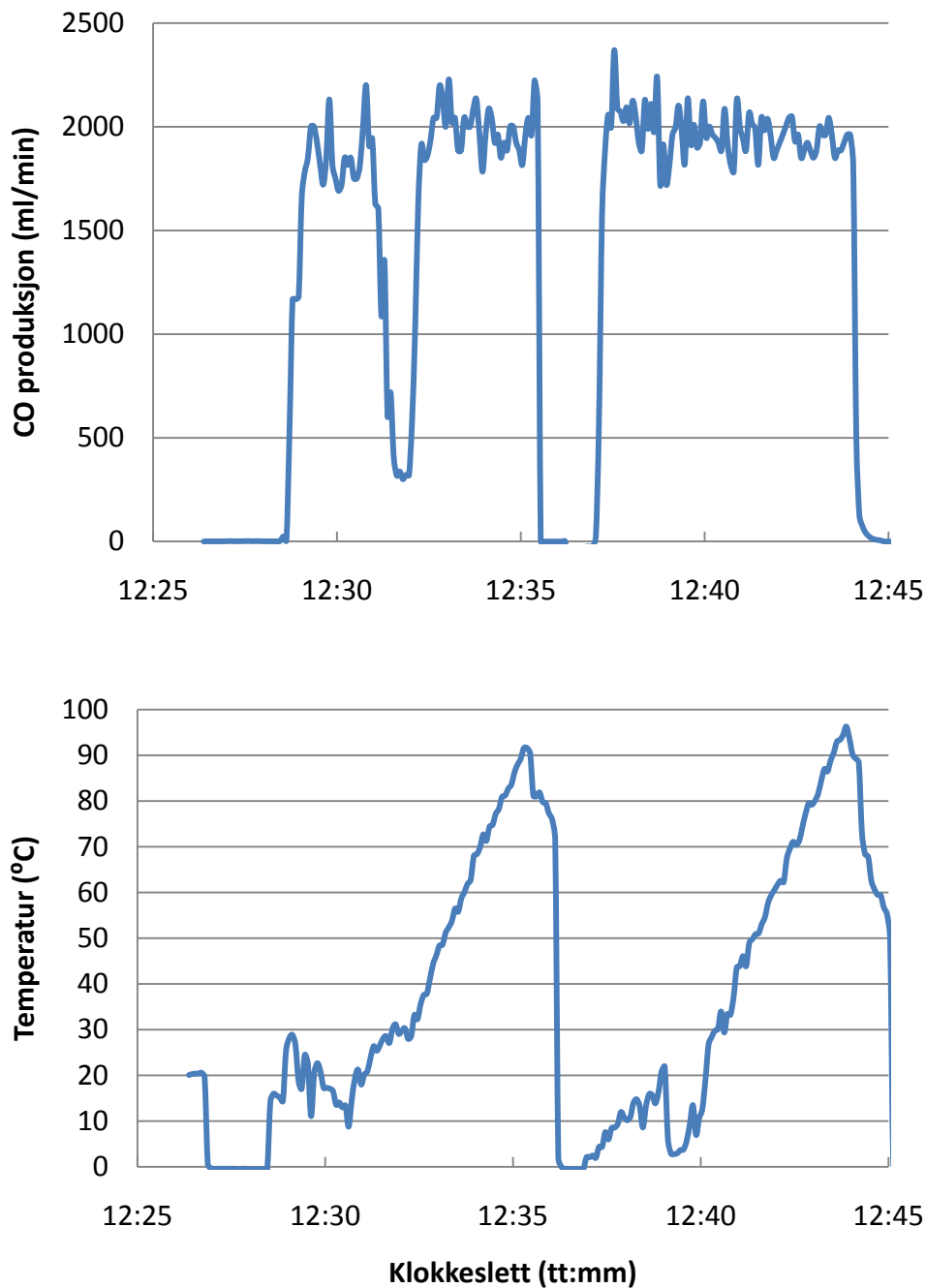
Figur 3.7 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPower™ ved høy stilling på Coleman kokeapparat i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparatet Coleman Multifuel mod. 550 er benyttet ved en effekt på 1,25 kW.

Forløpet av kullosproduksjonen og temperaturen i bunnen av kjelen er vist Figur . Produksjonen av kullos er forholdsvis stabil på ca 1100 ml/min i begge kokeperiodene.

3.2.2 Kjelen på Coleman kokeapparat i "lav stilling"

Det er utført forsøk både ved en effekt på 1,8 og 1,25 kW.

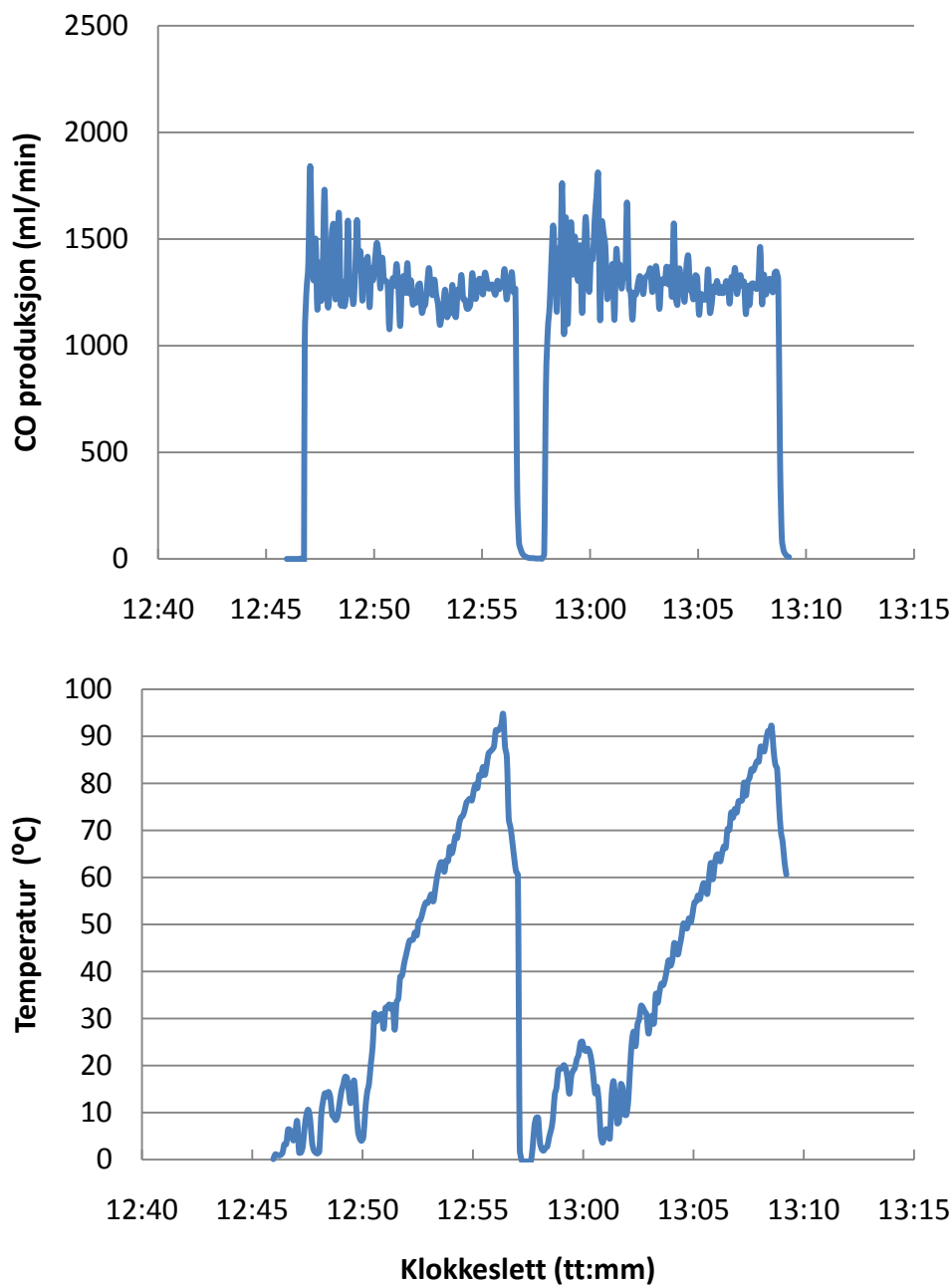
3.2.2.1 Høy effekt - 1,8 kW



Figur 3.8 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPower™ ved lav stilling på Coleman kokeapparat i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparatet Coleman Multifuel mod. 550 er benyttet ved en effekt på 1,8 kW.

Forløpet av kullosproduksjonen og temperaturen i bunnen av kjelen er vist Figur 3.8. Produksjonen av kullos er forholdsvis stabil på ca 2000 ml/min i begge kokeperiodene.

3.2.2.2 Lav effekt - 1,25 kW



Figur3.9 Forløp av kullosproduksjon (øverst) og temperatur ved bunnen inne i kjelen (nederst) ved bruk av kjelen EtaPowerTM ved lav stilling på Coleman kokeapparat i løpet av to oppkok av ispellets. Kokeapparatet Coleman Multifuel mod. 550 er benyttet ved en effekt på 1,25 kW.

Forløpet av kullosproduksjonen og temperaturen i bunnen av kjelen er vist Figur. Produksjonen av kullos er forholdsvis stabil på ca 1400 ml/min i begge kokeperiodene.

4 Diskusjon og konklusjon

Kjelen med varmeveksler (Primus EtaPower™) benyttet på Forsvarets kokeapparat Optimus 111 ga en betydelig økning i kullosproduksjonen i forhold til en vanlig flatbunnet kjele. Ved høy effekt ligger verdiene ca. 10 ganger høyere for både ny og gammel type av kokeapparatet, ca 450 ml/min i gjennomsnitt i løpet av en kokeperiode. I noen tilfeller er produksjonen av kullos forholdsvis stabil i løpet av kokeperioden, mens i andre tilfeller varierer den og da ofte med en gradvis reduksjon som sammenfaller med en samtidig økning i temperaturen på innsiden av kjelebunnen. Ved lav effekt reduseres kullosproduksjonen ned til ca 200 ml/min for Optimus 111 av ny type, mens for gammel type reduseres verdien betydelig til under 15 ml/min.

Varmevekslerkjelen er bare testet på ett sivilt kokeapparat. Coleman Multifuel mod 550 er valgt siden den er svært lik de Coleman modellene som ble testet ved FFI i 1997 (1) og det var disse kokeapparatene som ga høyest kullosproduksjon med vanlig flatbunnet kald kjele. Siden kjelen kan plasseres på kokeapparatet på to forskjellige måter, høy og lav stilling som vist i Figur , er det gjennomført målinger for begge tilfeller. Når kjelen ble passert direkte på kjelestøtten (høy stilling) ble gjennomsnittlig produksjon av kullos i løpet av kokeperioden svært høy, ca 1300 ml/min ved en effekt på 1,8 kW. Imidlertid økte produksjonen ytterligere når kjelen ble satt slik at finnene i kjelestøtten gikk inn mellom ribbene til varmeveksleren under kjelen (lav stilling), slik at kjelen kom ca 1 cm nærmere flammen. Verdier på gjennomsnittlig 2000 ml/min i løpet av en kokeperiode ved høy effekt ble registeret. Dette er svært høye verdier og i dette tilfelle vil det si at ca 50 % av brennstoffets karbon omdannes til kullos. Når effekten reduseres til 1,25 kW faller kullosproduksjonen noe i begge tilfeller til ca. 1100 og 1400 ml/min ved henholdsvis høy og lav stilling.

I friluft vil en slik kjele med varmeveksler på et kokeapparat i liten grad representere noen fare selv om en ikke helt kan utelukke det ved den svært høye kullosproduksjon. Derimot kan kullos bli et problem hvis kjelen med kokeapparat benyttes i en form for avlukke der ventilasjonen er mindre enn i friluft, for eksempel i et telt.

I den tidligere rapporten fra FFI (1) bekymret en seg for produksjoner av kullos i området rundt 100 ml/min. Det var Coleman kokeapparat med kald kjele som ga disse verdiene selv ved lave effekter. Kjelen med varmeveksler benyttet på Forsvarets kokeapparat Optimus 111 gir mer enn 4 ganger høyere verdi og benyttet på en Coleman mod. 550 kan den gi så mye som 20 ganger så høy verdi.

4.1 Konklusjon

På bakgrunn av resultatene fra denne undersøkelsen er det grunn til å rette oppmerksomheten mot risikoen ved bruk av denne kjelen med varmeveksler (Primus EtaPower™) til koking i telt eller lignende ved ellers ordinære bruksbetingelser. Særlig koking sammenhengende over lenger tid der kjelen fylles med snø/is gjentatte ganger for smelting og koking er forbundet med stor fare.

Referanser

- (1) Martini S, Oftedal T A (1997): Avgivelsen av gassen kullos (CO) fra kokeapparat til turbruk, FFI/RAPPORT-1997/04713, Forsvarets forskningsinstitutt.