



LUND UNIVERSITY

Temperaturstratifiering i schakt CFD-beräkning med FDS

Jensen, Lars

2009

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Jensen, L. (2009). *Temperaturstratifiering i schakt CFD-beräkning med FDS*. (TVIT; Vol. TVIT-7037). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Temperaturstratifiering i schakt CFD-beräkning med FDS

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2009
Rapport TVIT--09/7037



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Temperaturstratifiering i schakt CFD-beräkning med FDS

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2009

ISRN LUTVDG/TVIT--09/7037--SE(40)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Innehållsförteckning

1	Inledning och problemställning	5
	Bakgrund och syfte	5
	Uppåtgående schakt	5
	Neråtgående schakt	6
	Horisontellt schakt	6
	Olika bottengeometri för uppåtgående schakt	6
2	Beräkningsmodell för FDS och förutsättningar	7
3	Temperaturberäkning för uppåtgående schakt	9
	Schaktmedeltemperatur för schaktsida 1 m	10
	Schaktmedeltemperatur för schaktsida 2 m	12
	Schaktmedeltemperatur för schaktsida 3 m	14
	Schaktmedeltemperatur för schaktsida 4 m	16
	Schaktmedeltemperatur för schaktsida 5 m	18
	Sammanfattning	20
4	Jämförelse med nedåtgående schakt	23
5	Jämförelse med horisontellt schakt	25
6	Jämförelse uppåtgående schakt med olika bottengeometri	31
7	Sammanfattning och slutsatser	39
	Bakgrund och syfte	39
	Beräkningsmodell	39
	Uppåtgående schakt	39
	Neråtgående schakt	40
	Horisontellt schakt	40

1 Inledning och problemställning

Bakgrund och syfte

Syftet med denna arbetsrapport är att med datorprogrammet FDS undersöka temperaturstratifieringen i ett oventilerat schakt med en hög botten temperatur nederst och jämföra resultatet med ett antagande om fullständig omblandning. Detta antagande är en grundförutsättning för en dimensioneringsmetod för brandgasfläktar för brandgasevakuering av hiss schakt, vilken tidigare redovisats i en arbetsrapport TVIT—07/7017.

Ett brandgasventilerat hiss schakt har tidigare undersökts och dokumenterats i en arbetsrapport TVIT—08/7034. Tre olika CFD-modeller genomräknades alla nio kombinationer mellan för tre ventilationsflöden 1, 2 och 3 m³/s och tre brandtemperaturer 300, 600 och 900 °C. Denna studie visade att det fanns en betydande omblandning. Hiss schaktet hade tio hissplan med läckande hissdörrar. Schakthöjden var 30 m och tvärsnittet var kvadratisk med sidan 2.6 m. Beräkningsmodulen var kubisk med sidan 0.2 m.

De tre modellerna utgick från samma geometri med ett hål om 0.04 m² per våningsplan, vilket utökades med värmeförlust i två fall kombinerat med och utan en spridarplatta framför varje hål. Den tredje modellen var utan spridarplattor och utan värmeförlust.

Denna arbetsrapport får ses som ett försök att förstå temperaturstratifiering och omblandning i ett oventilerat schakt. De olika delavsnitten visar också arbetets fördjupning och kronologiska gång.

Uppåtgående schakt

I denna studie är det oventilerade schaktets höjd 30 m. Den kvadratiske bottenytan kan ha sidan 1, 2, 3, 4 och 5 m. De fem modellfallen redovisas tillsammans skalenligt i Figur 2.1. FDS-modellen redovisas i avsnitt 2.

CFD-beräkningar har gjorts med datorprogrammet FDS version 4.06 med. CFD-beräkningarna har utförts med alla kombinationer mellan fem olika bottenytor och med tre olika brandtemperaturer 300, 600 och 900 °C. Resultatet redovisas i avsnitt 3 för hiss schakt-luftens medelvärde som funktion av nivån i hiss schaktet och för fem tidpunkter 120, 240, 360, 480 och 600 s eller 2, 4, 6, 8 och 10 min.

CFD-beräkningarna har skett utan något värmeutbyte med schaktets fyra väggar och tak. Detta har gjorts för att renodla studien för att enbart undersöka temperaturstratifiering och omblandningen i schaktet.

Nedåtgående schakt

Samma femton beräkningsfall som i avsnitt 3 har som en jämförelse beräknats med en övre öppning i stället för en nedre öppning och resultatet redovisas i avsnitt 4. Detta har gjorts för att undersöka inverkan av värmeledning och beräkningsmetodens turbulensmodell. Temperaturen påverkas nästan 2 m ner efter 600 s. Jämförelse görs också med endimensionell värmeledning.

Horisontellt schakt

Samma femton beräkningsfall som i avsnitt 3 har som en jämförelse beräknats för ett horisontellt fall och resultatet redovisas i avsnitt 5. Detta har gjorts för att undersöka inverkan av inströmning till den övre delen av schaktet och utströmning från den nedre delen av schaktet. Högsta och lägsta temperaturer och hastigheter redovisas.

Olika bottengeometri för uppåtgående schakt

Sist i avsnitt 6 undersöks betydelsen av bottengeometrin för schaktströmningen och schakttemperaturen. Nio olika bottengeometrier undersöks för endast en schaktgeometri med måtten 4·4·30 m och en yttre temperatur på 600 °C.

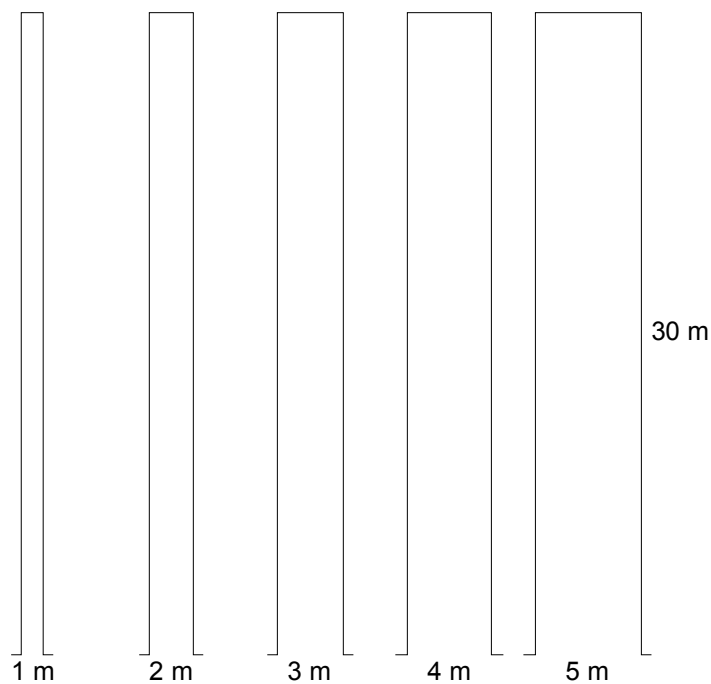
2 Beräkningsmodell för FDS och förutsättningar

Schaktets höjd är 30 m och den kvadratiske bottenytan kan ha sidan 1, 2, 3, 4 eller 5 m. De fem modellfallen redovisas tillsammans skalenligt i Figur 2.1.

De fem geometrierna visar att tvärsnittets storlek måste ha stor betydelse för hur omfattande omblandningen kan bli. De fem tvärsnittsytor är 1, 4, 9, 16 respektive 25 m².

Beräkning har skett för fallet utan värmeförluster.

Beräkningar har skett för både beräkningsmodulen 0.1 och 0.2 m. Antalet beräkningsceller för den största modellen med sidan 5 m blir 93750 st för en beräkningscell med sidan 0.2 m.



Figur 2.1 Sektioner för fem använda schaktgeometrier.

Beräkningssättet och beräkningsmodellen beskrivs med en textfil till FDS. Ett exempel på en textfil för beräkningsmodell s063330 brandtemperaturen 600 °C, utan värmeförluster för beräkningsmodulen 0.2 m återges nedan med insprängd kommenterande text som följer.

Beräkningsvolymens geometri beskrivs med cellindelning och olika koordinater enligt nedan med origo i ett nedre schakthörn.

```
&HEAD CHID='s063330', TITLE=' Hisschakt 30 m 3 m 3 m 0.2 m ' /  
&GRID IBAR=15, JBAR=15, KBAR=150 /  
&PDIM XBAR=3.0, YBAR=3.0, ZBAR=30.0 /
```

Utskrifter från en beräkning till datafiler anges med två rader enligt nedan, som anger alla koordinater skall skrivas ut och att alla data skall skrivas ut efter 120(120)600 s.

```
&PL3D WRITE_XYZ=.TRUE., DTSAM=120 /  
&TIME TWFIN=600 /
```

Val av databas för beräkningar, beräkning utan strålningsmodell och definition av egenskap för ytor ges med följande:

```
&MISC DATABASE='c:\nist\fds\database4\database4.data',  
RADIATION=.FALSE., SURF_DEFAULT='INERT' /
```

Själva schaktet beskrivs med fem rader för fyra väggar och tak enligt nedan.

```
&OBST XB=0.0,3.0, 0.0,0.0, 0.0,30.0, SURF_ID='INERT' / vägg  
&OBST XB=0.0,3.0, 3.0,3.0, 0.0,30.0, SURF_ID='INERT' / vägg  
&OBST XB=3.0,3.0, 0.0,3.0, 0.0,30.0, SURF_ID='INERT' / vägg  
&OBST XB=0.0,0.0, 0.0,3.0, 0.0,30.0, SURF_ID='INERT' / vägg  
&OBST XB=0.0,3.0, 0.0,3.0, 30.0,30.0, SURF_ID='INERT' / tak
```

Branden påverkar hela bottenytan nederst med temperaturen 600 °C enligt nedan.

```
&VENT XB=0.0,3.0, 0.0,3.0, 0.0,0.0, SURF_ID='FIRE' / brand  
&SURF ID='FIRE', TMPWAL=600. / brand
```

Indatatextfilen avslutas med raden nedan.

```
&TAIL /
```

3 Temperaturberäkning för uppåtgående schakt

Beräkningsfallen för beräkningsmodul 0.2 m redovisas i Figur 3.1-15 ordnade efter ökande schaktsida och därefter efter ökande botten temperatur. Schaktmedeltemperaturen som funktion av nivån redovisas för fem olika tidpunkter 120(120)600 s i samma diagram.

Beräkningar även skett med beräkningsmodul 0.1 m för schaktsida 1, 2 och 3 m med likartat resultat som för beräkningsmodul 0.2 m. Någon redovisning av dessa beräkningsresultat görs därför inte här.

Resultaten sammanfattas sist på sidan 20.

Schaktmedeltemperatur för schaktsida 1 m

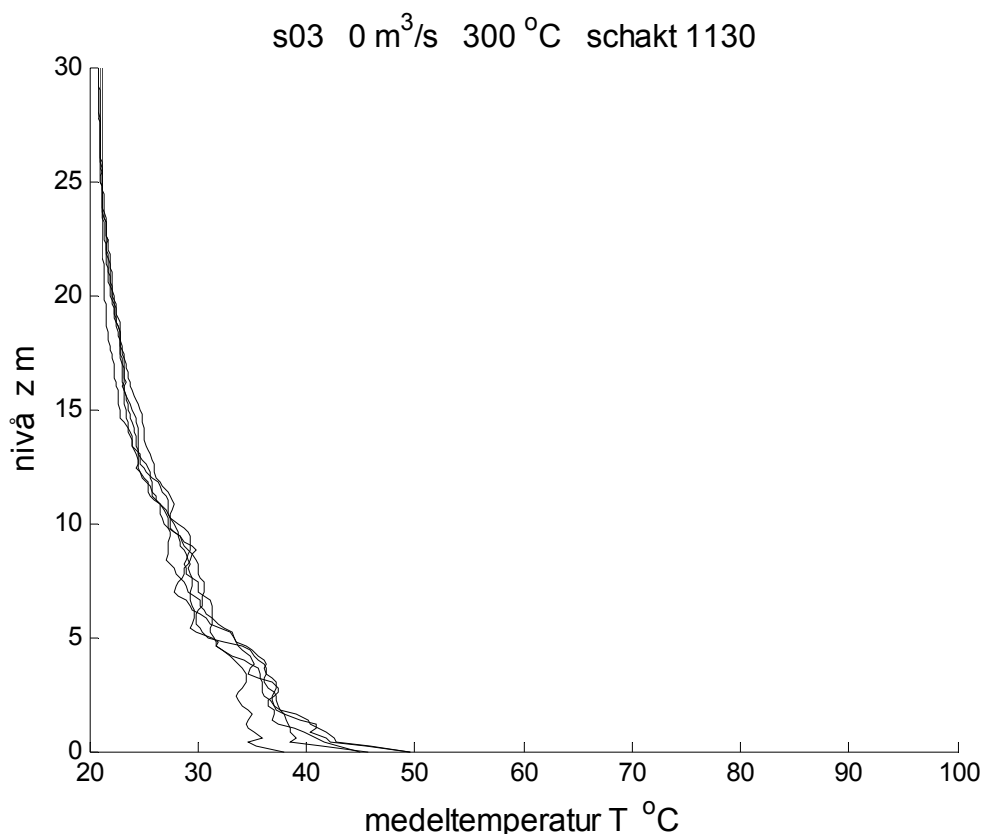
Schaktmedeltemperaturen för schaktsida 1 m för 300, 600 och 900 °C redovisas i Figur 3.1-3.

Samtliga tre fall uppvisar liknande resultat oberoende av botten temperatur. Temperatur avtar med ökande nivå. Temperaturökningen nederst i schaktet är omkring 20, 40 och 60 °C. Detta verkar vara proportionellt mot botten temperaturen relativt starttemperaturen 20 °C, vilket ger kvoterna 20/280, 40/580 och 60/880.

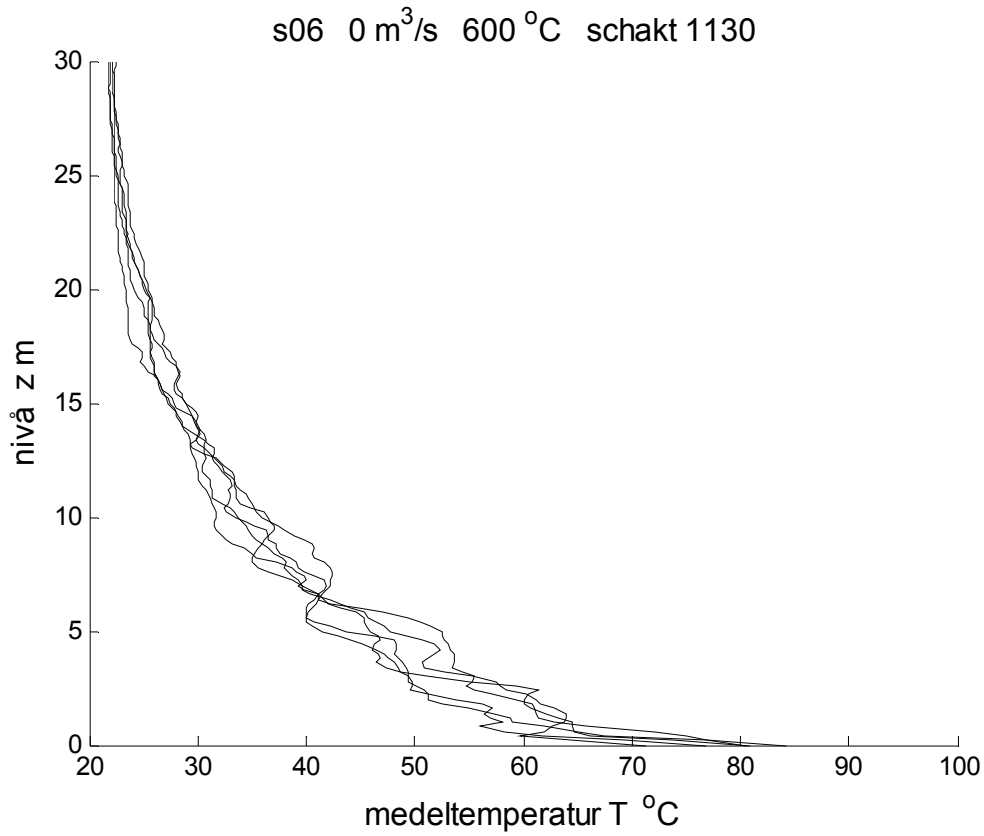
Temperaturökningen överst i schaktet är obetydlig och även här är temperaturökningen proportionell mot botten temperaturen. Temperaturinversionen är stor.

De fem tidskurvorna sammanfaller mer eller mindre för de övre delarna, vilket visar att det har skett en större uppvärmning under de första två min än under de resterande åtta min.

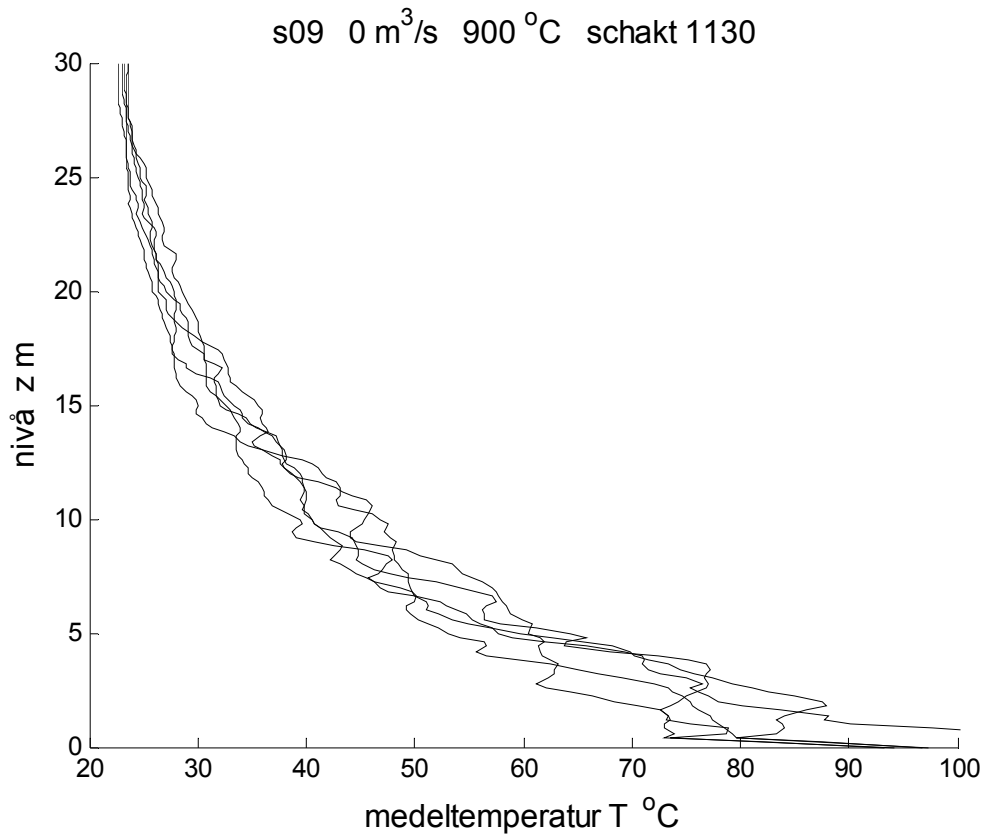
De fem tidskurvorna visar också att för de nedre delarna finns områden med högre medeltemperatur över områden med lägre medeltemperatur. Detta kan tolkas som någon form för termik med bubbelströmning.



Figur 3.1 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 1 m, 300 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.2 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 1 m, 600 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.3 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 1 m, 900 °C och 120(120)600 s.

Schaktmedeltemperatur för schaktsida 2 m

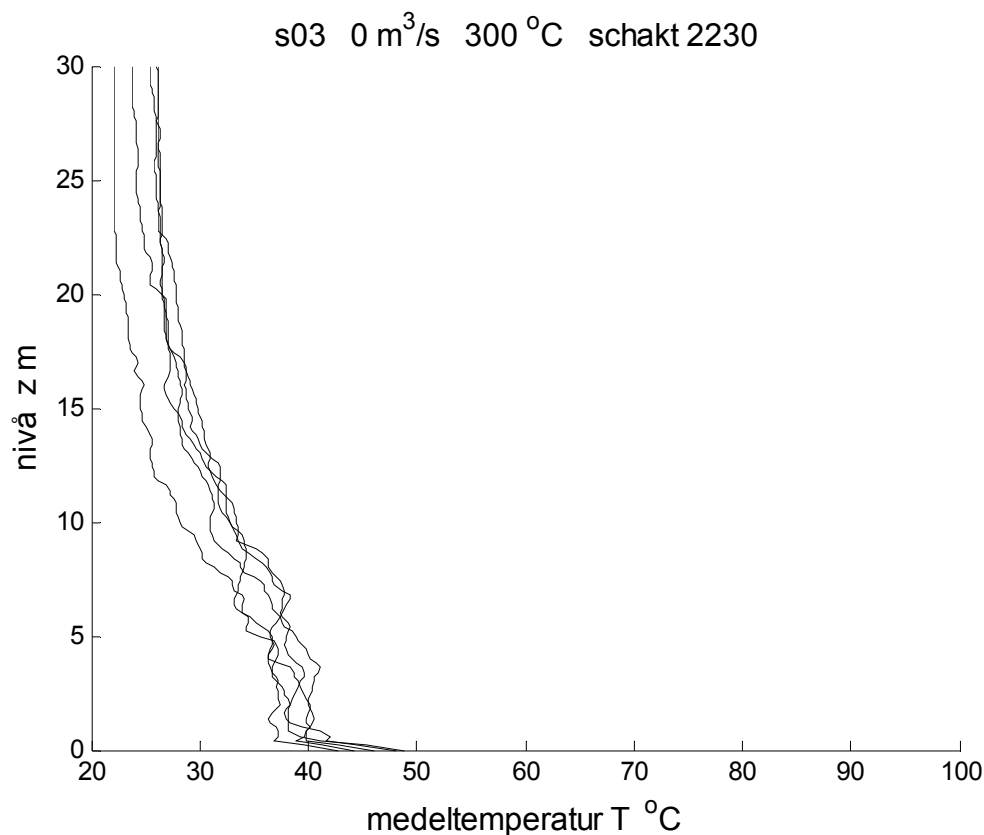
Schaktmedeltemperaturen för schaktsida 2 m för 300, 600 och 900 °C redovisas i Figur 3.4-6.

Samtliga tre fall uppvisar liknande resultat oberoende av botten temperatur. Temperatur avtar med ökande nivå. Temperaturökningen nederst i schaktet är omkring 20, 40 och 60 °C. Detta verkar vara proportionellt mot botten temperaturen relativt starttemperaturen 20 °C, vilket ger kvoterna 20/280, 40/580 och 60/880.

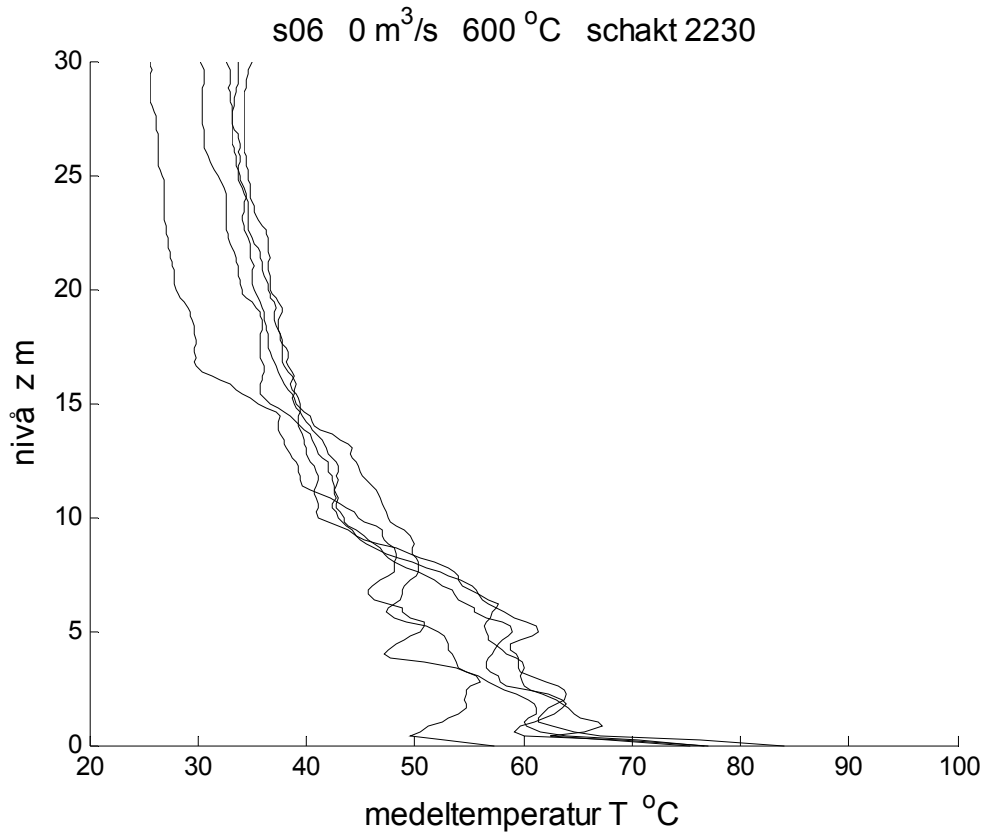
Temperaturökningen överst i schaktet är betydligt större jämfört med tidigare fall med schaktsida 1 m. Temperaturökningen är även här proportionell mot botten temperaturen. Temperaturinversionen är stor.

De fem tidskurvorna sammanfaller inte helt för de övre delarna. Uppvärmningen överst ökar med ökande botten temperatur och verkar stabiliseras fortare med högre botten temperatur.

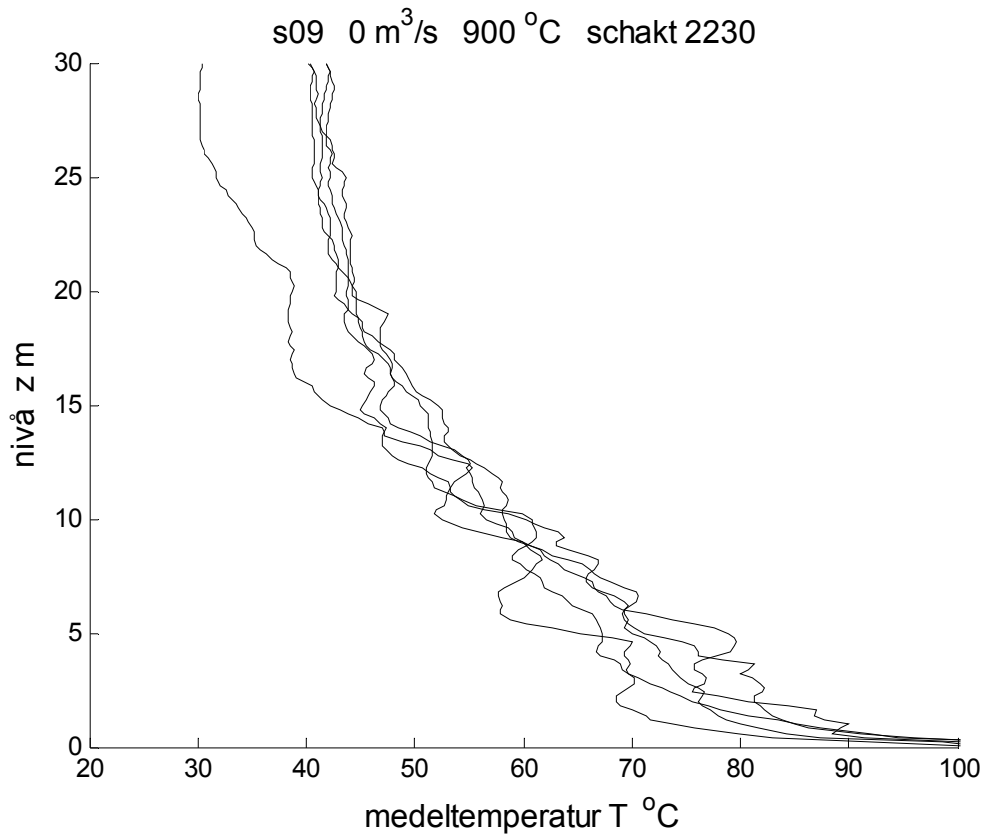
De fem tidskurvorna visar också att för de nedre delarna finns områden med högre medeltemperatur över områden med lägre medeltemperatur. Detta kan tolkas som någon form för termik med bubbelströmning.



Figur 3.4 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 2 m, 300 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.5 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 2 m, 600 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.6 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 2 m, 900 °C och 120(120)600 s.

Schaktmedeltemperatur för schaktsida 3 m

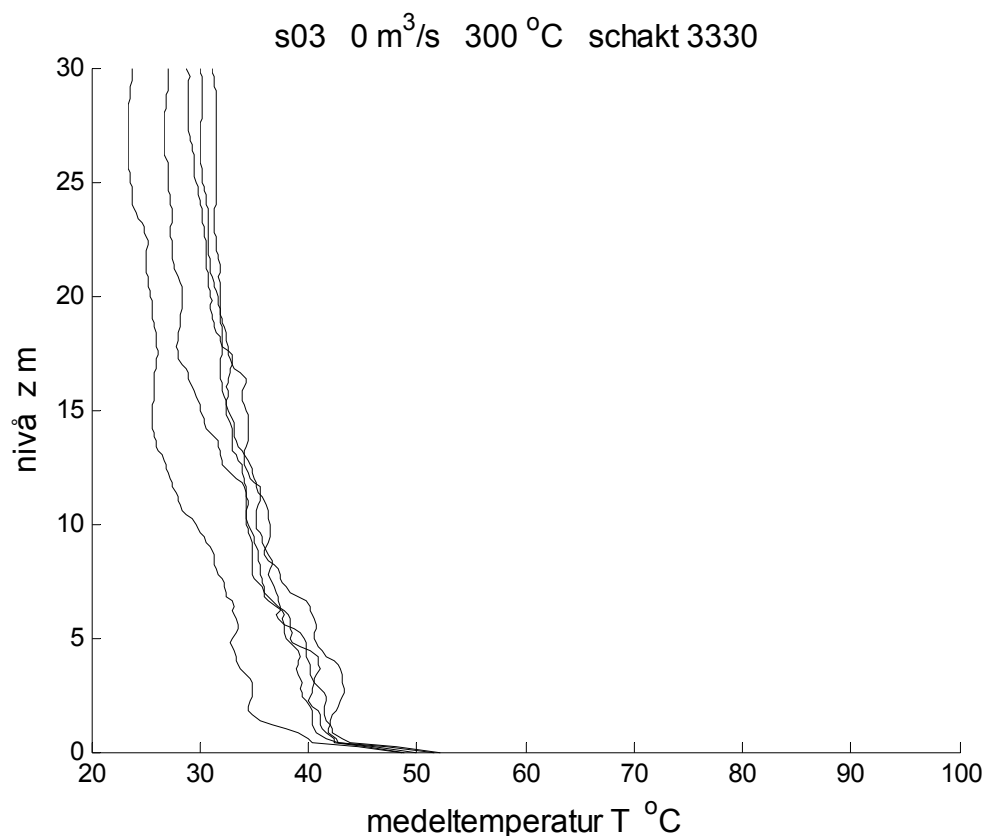
Schaktmedeltemperaturen för schaktsida 3 m för 300, 600 och 900 °C redovisas i Figur 3.7-9.

Samtliga tre fall uppvisar liknande resultat oberoende av botten-temperatur. Temperatur avtar med ökande nivå. Temperaturökningen nederst i schaktet är omkring 20, 40 och 60 °C. Detta verkar vara proportionellt mot botten-temperaturen relativt starttemperaturen 20 °C, vilket ger kvoterna 20/280, 40/580 och 60/880.

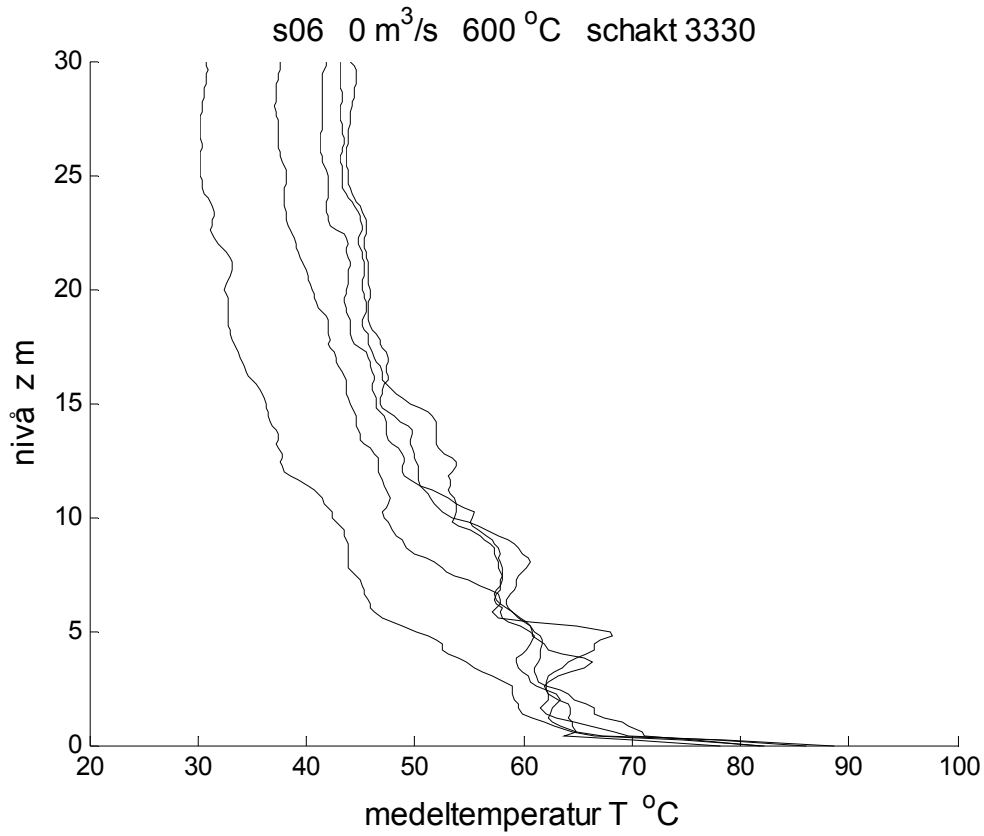
Temperaturökningen överst i schaktet är betydligt större jämfört med tidigare fall med schaktsida 1 och 2 m. Temperaturökningen är även här proportionell mot botten-temperaturen. Temperaturinversionen är stor.

De fem tidskurvorna sammanfaller inte helt för de övre delarna. Uppvärmningen överst ökar med ökande botten-temperatur och verkar stabiliseras något fortare med högre botten-temperatur.

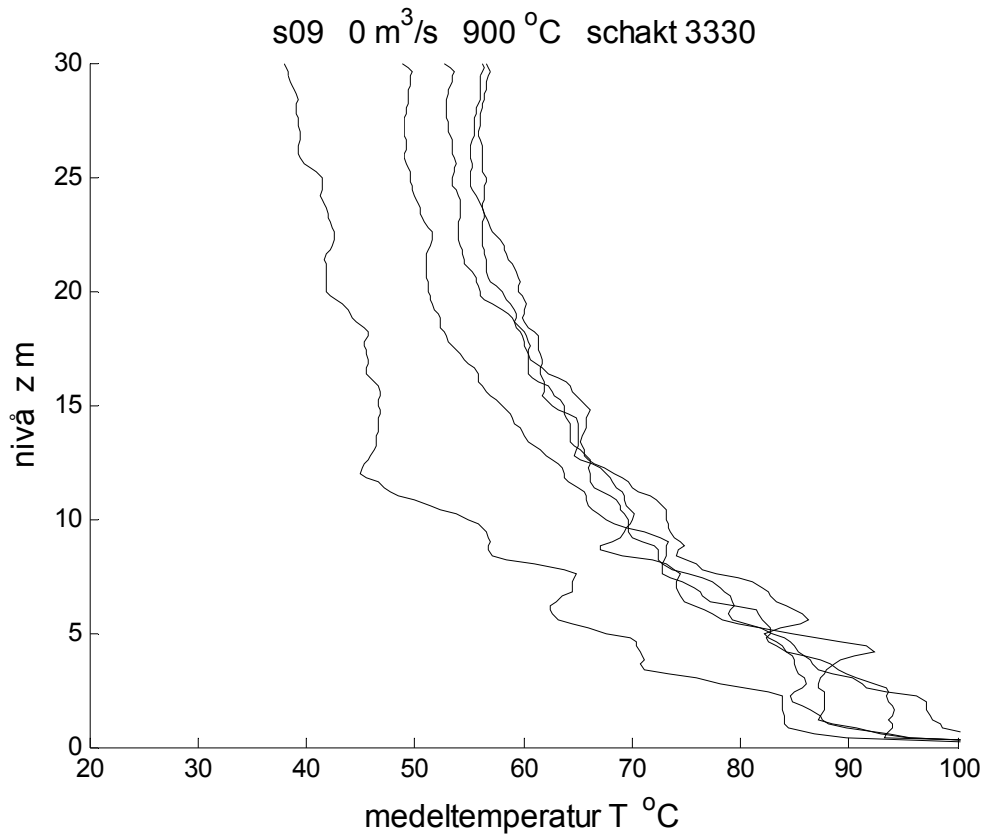
De fem tidskurvorna visar också att för de nedre delarna finns områden med högre medel-temperatur över områden med lägre medeltemperatur. Detta kan tolkas som någon form för termik med bubbelströmning.



Figur 3.7 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 3 m, 300 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.8 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 3 m, 600 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.9 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 3 m, 900 °C och 120(120)600 s.

Schaktmedeltemperatur för schaktsida 4 m

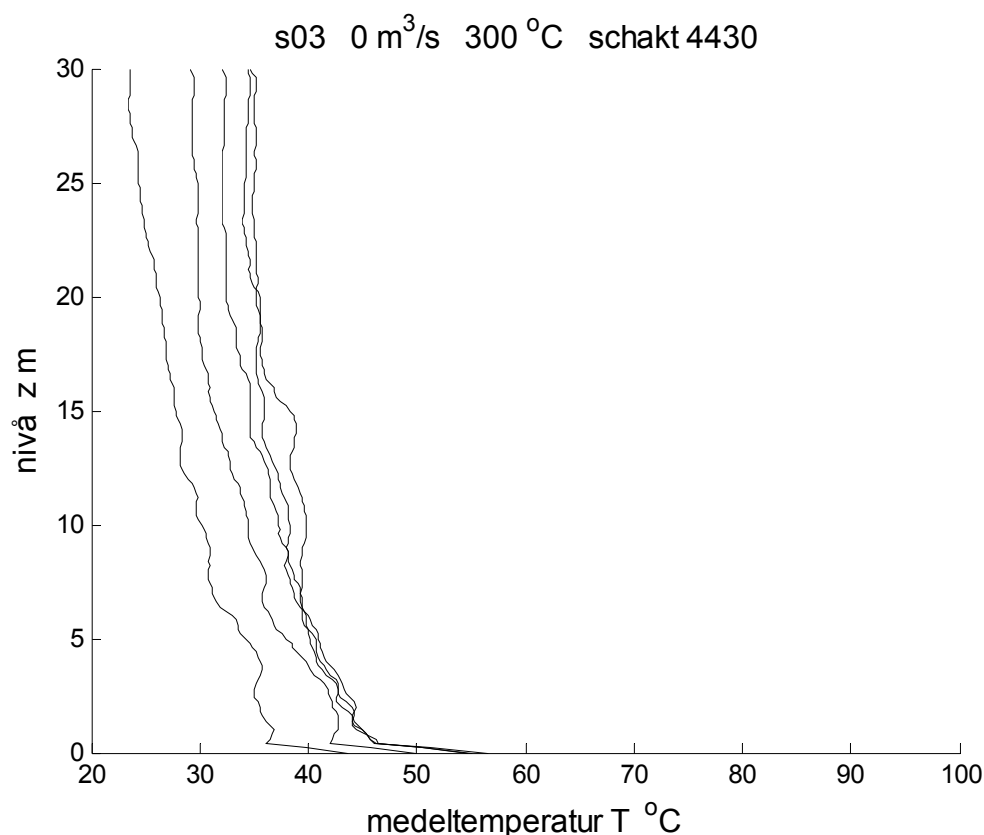
Schaktmedeltemperaturen för schaktsida 4 m för 300, 600 och 900 °C redovisas i Figur 3.10-12.

Samtliga tre fall uppvisar liknande resultat oberoende av botten-temperatur. Temperatur avtar med ökande nivå. Temperaturökningen nederst i schaktet är omkring 20, 40 och 60 °C. Detta verkar vara proportionellt mot botten-temperaturen relativt starttemperaturen 20 °C, vilket ger kvoterna 20/280, 40/580 och 60/880.

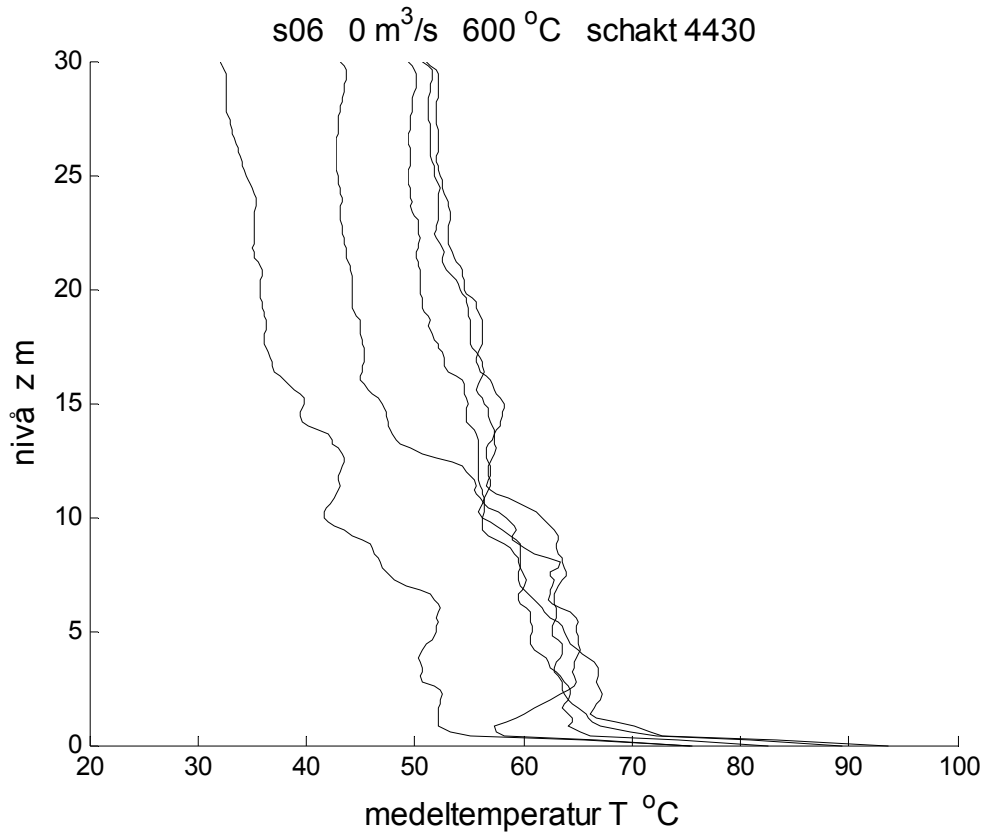
Temperaturökningen överst i schaktet är betydligt större jämfört med tidigare fall med schaktsida 1, 2 och 3 m. Temperaturökningen är även här proportionell mot botten-temperaturen. Temperaturinversionen är stor.

De fem tidskurvorna sammanfaller inte helt för de övre delarna. Uppvärmningen överst ökar med ökande botten-temperatur och verkar stabiliseras något fortare med högre botten-temperatur.

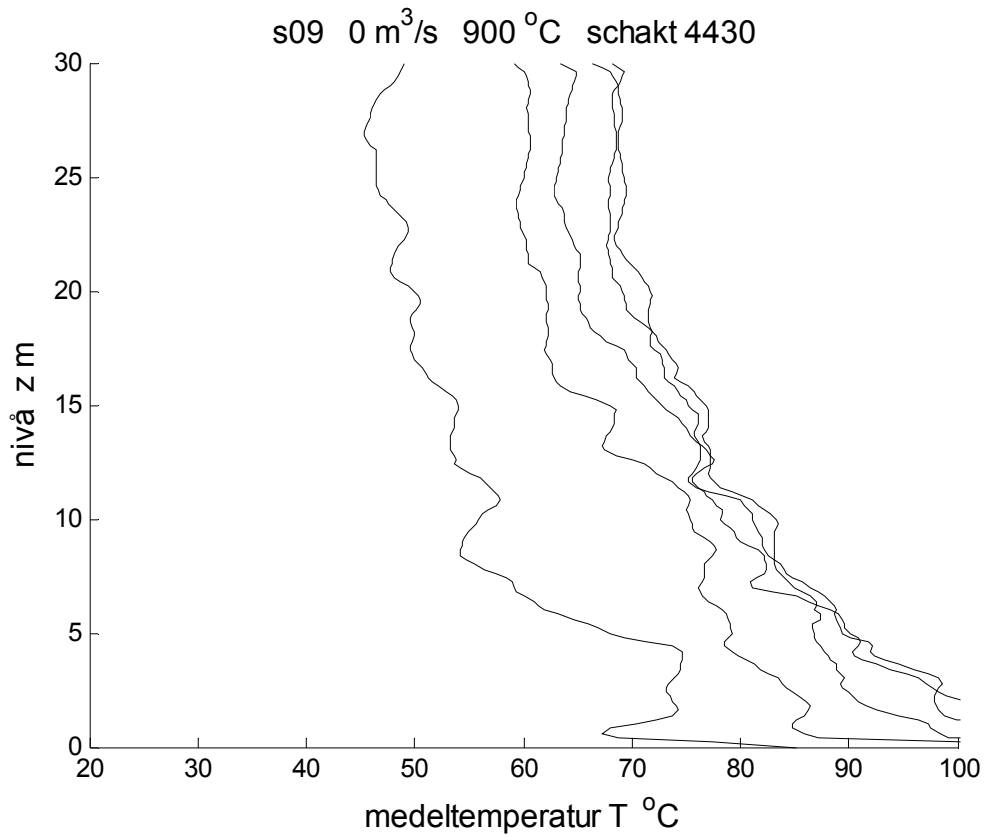
De fem tidskurvorna visar också att för de nedre delarna finns områden med högre medel-temperatur över områden med lägre medeltemperatur. Detta kan tolkas som någon form för termik med bubbelströmning.



Figur 3.10 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 4 m, 300 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.11 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 4 m, 600 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.12 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 4 m, 900 °C och 120(120)600 s.

Schaktmedeltemperatur för schaktsida 5 m

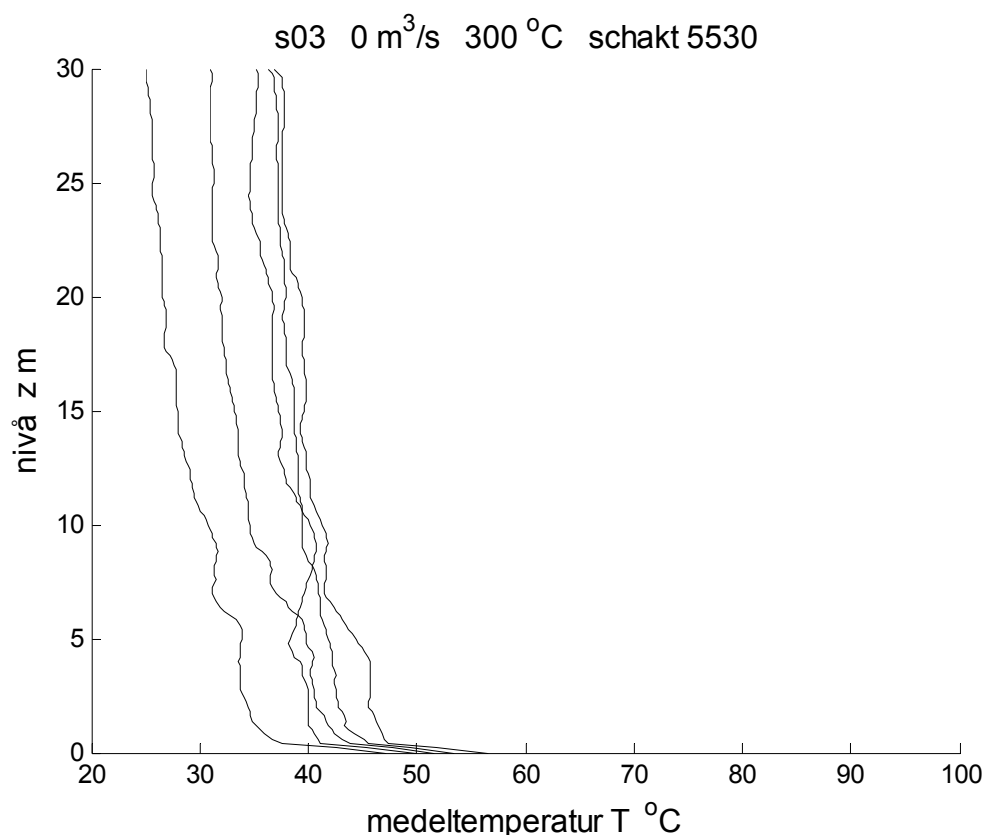
Schaktmedeltemperaturen för schaktsida 5 m för 300, 600 och 900 °C redovisas i Figur 3.13-15.

Samtliga tre fall uppvisar liknande resultat oberoende av botten-temperatur. Temperatur avtar med ökande nivå. Temperaturökningen nederst i schaktet är omkring 20, 40 och 60 °C. Detta verkar vara proportionellt mot botten-temperaturen relativt starttemperaturen 20 °C, vilket ger kvoterna 20/280, 40/580 och 60/880.

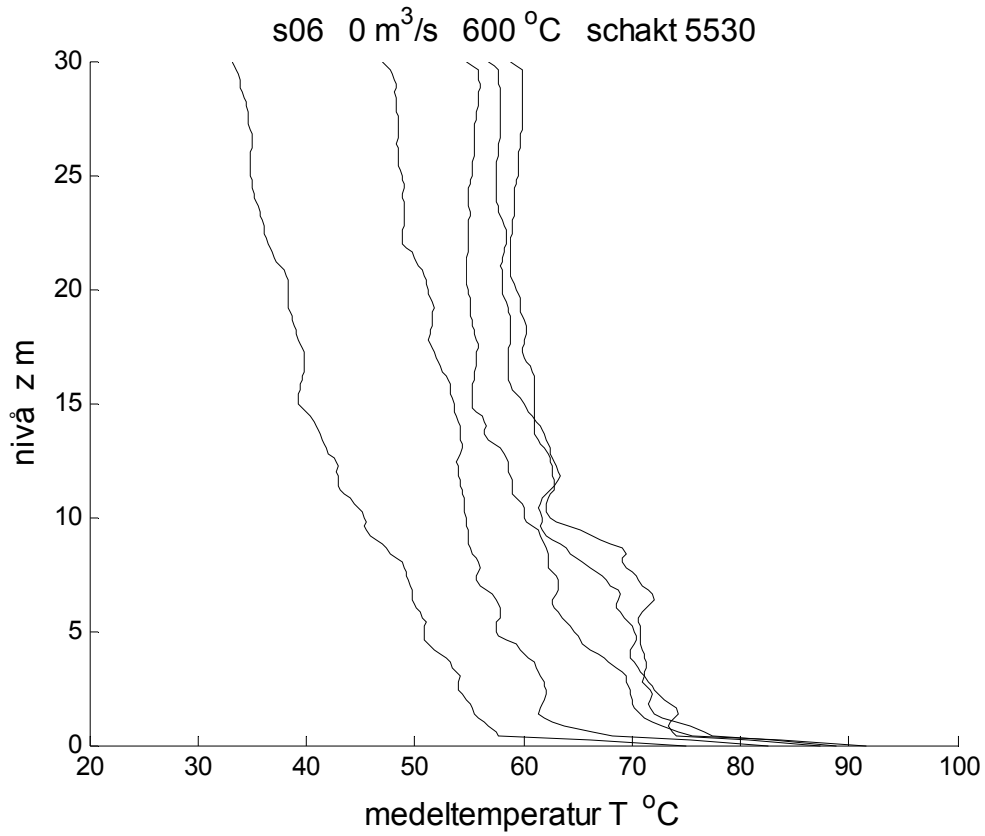
Temperaturökningen överst i schaktet är betydligt större jämfört med tidigare fall med schaktsida 1, 2, 3 och 4 m. Temperaturökningen är även här proportionell mot botten-temperaturen. Temperaturinversionen är stor.

De fem tidskurvorna sammanfaller inte helt för de övre delarna. Uppvärmningen överst ökar med ökande botten-temperatur och verkar stabiliseras något fortare med högre botten-temperatur.

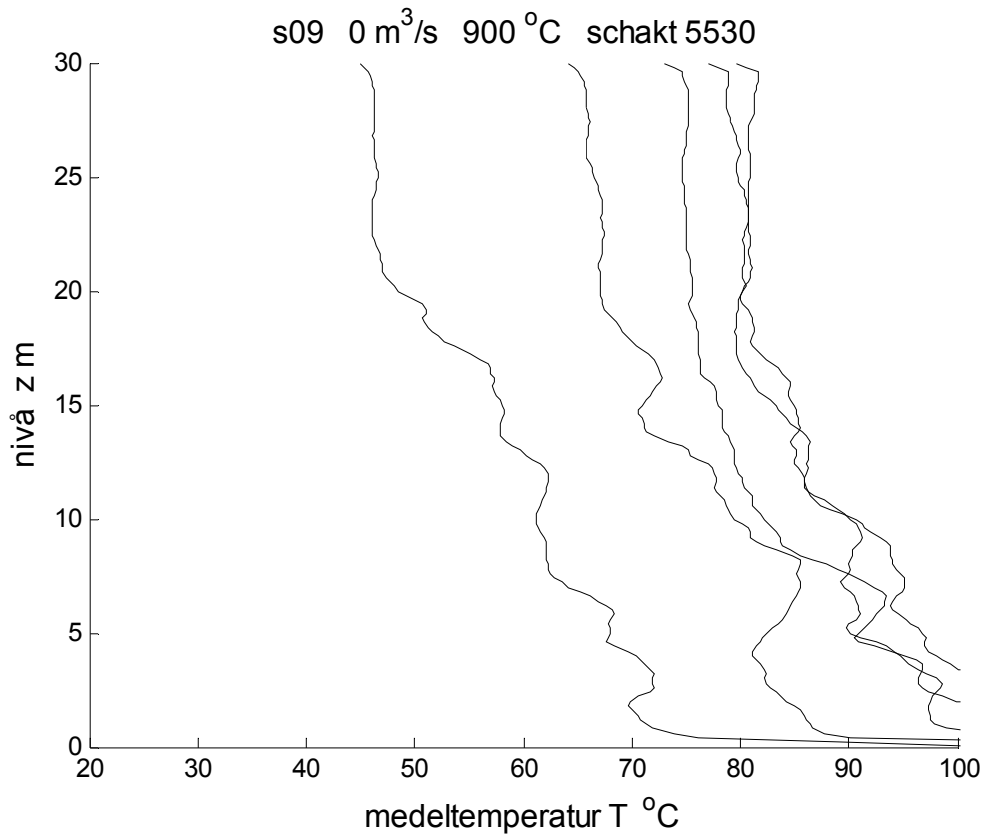
De fem tidskurvorna visar också att för de nedre delarna finns områden med högre medel-temperatur över områden med lägre medeltemperatur. Detta kan tolkas som någon form för termik med bubbelströmning.



Figur 3.13 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 5 m, 300 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.14 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 5 m, 600 °C och 120(120)600 s.



Figur 3.15 Schaktmedeltemperatur för schaktsida 5 m, 900 °C och 120(120)600 s.

Sammanfattning

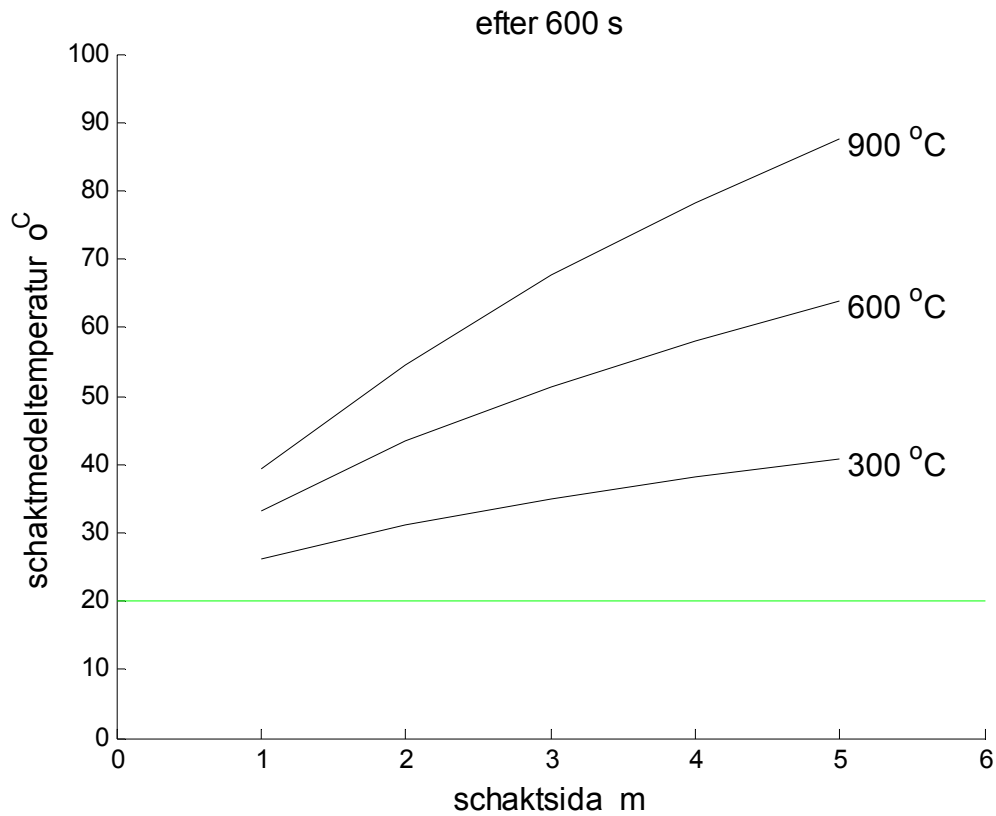
Resultaten från de femton redovisade beräkningsfallen med fem olika schaktsidor 1, 2, 3, 4 och 5 m och tre olika bottentemperaturer 300, 600 och 900 °C i Figur 3.1-15 kan sammanfattas med följande där schakttemperaturen avser medeltemperaturen över schakttvärsnittet som funktion av nivå:

- Schakttemperaturen avtar genomgående med ökande nivå.
- Schakttemperaturen ökar genomgående med tiden.
- Schakttemperaturen ökar med ökande schaktsida.
- Schakttemperaturen ökar med ökande bottentemperatur.
- Schakttemperaturen är betydligt lägre än bottentemperaturen.
- Schakttemperaturen kan vara ökande med nivån för mindre delar i den nedre delen av schaktet.
- Schakttemperaturen kan variera i tiden för samma nivå i den nedre delen av schaktet.
- Schakttemperaturens variation i tid och i rum i den nedre delen av schaktet kan förklaras med någon form av bubbelströmning som termikbubblor.

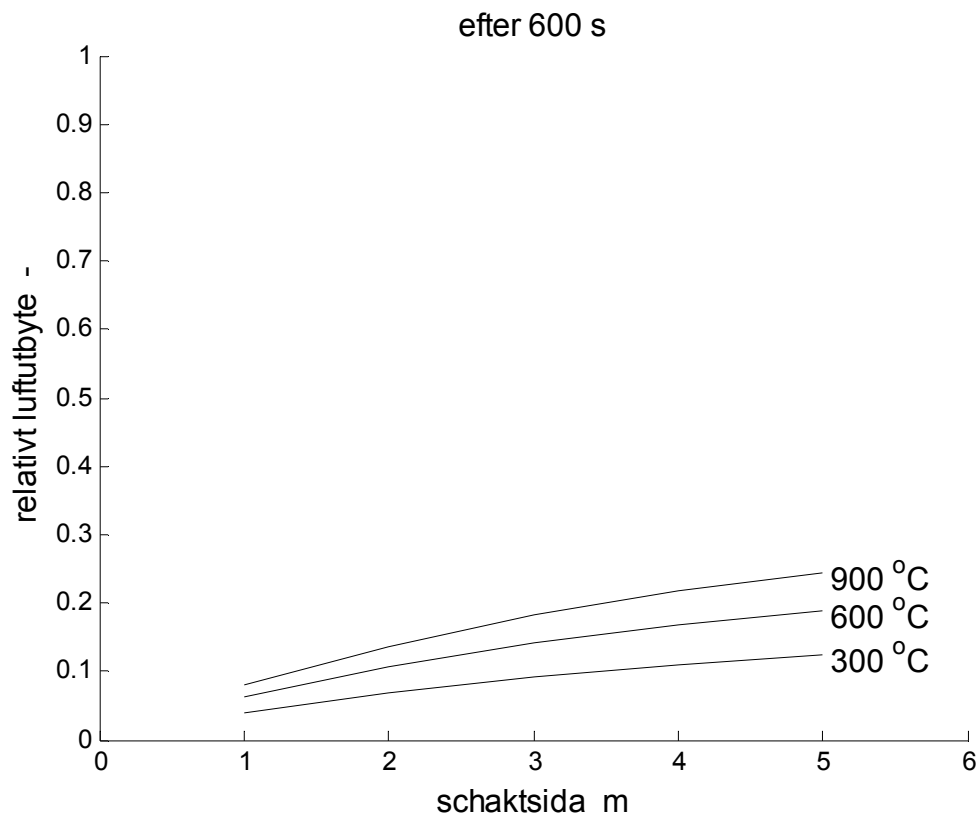
Huvudslutsatsen är att schaktlufttemperaturen är betydligt lägre än bottentemperaturen och att schaktluftens temperatur avtar uppåt.

Schaktets totala medeltemperatur ur energisynpunkt efter 600 s har beräknats och redovisas för de femton fallen i Figur 3.16. De tre kurvorna för olika bottentemperatur som funktion av schaktsida visar medeltemperaturen ökar med schaktsida och bottentemperatur.

Schaktets ökning i energiinnehåll efter 600 s har även räknats om till ett ekvivalent luftutbyte relativt schaktets volym med bottentemperaturen, vilket redovisas i Figur 3.17. De tre kurvorna visar att det relativa luftutbytet efter 600 s ökar med schaktsida och med bottentemperatur. Det verkliga relativa luftutbytet är större, eftersom samtidigt som luft med hög yttre bottentemperatur strömmar in strömmar luft ut från schaktet med en temperatur högre än starttemperaturen 20 °C. Denna utströmningsförlust gör att det relativa luftutbytet underskattas.



Figur 3.16 Schakttemperatur som funktion av schaktsida för olika bottentemperatur.



Figur 3.17 Relativt luftutbyte som funktion av schaktsida för olika bottentemperatur.

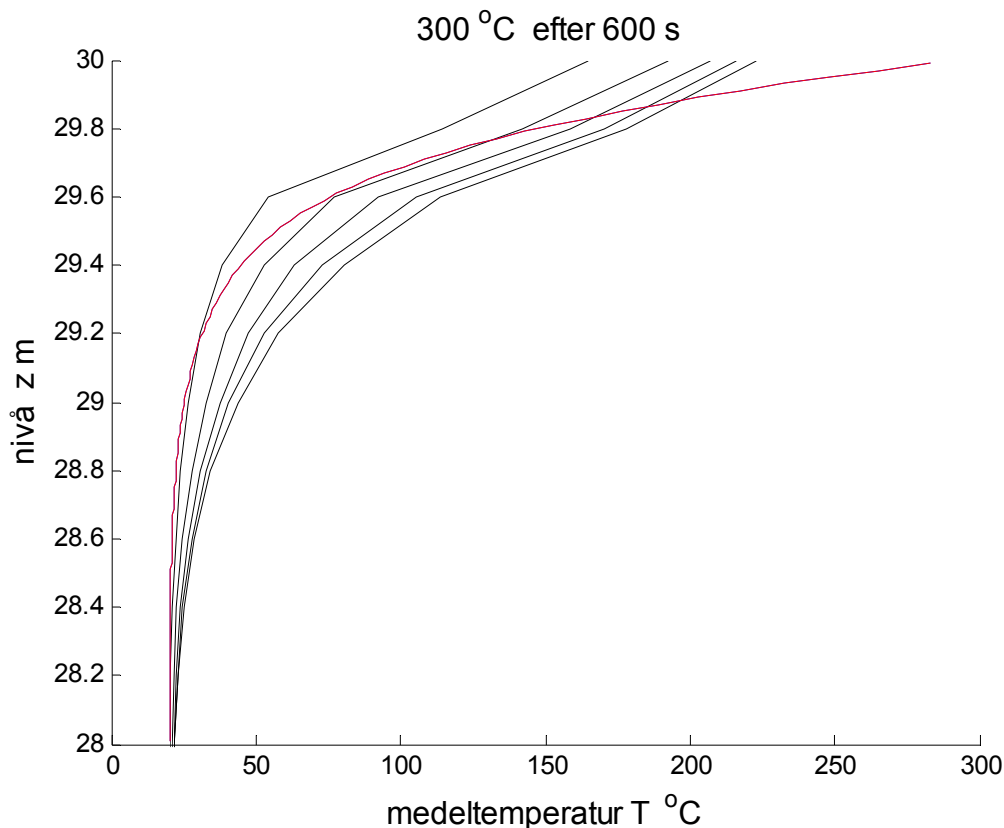
4 Jämförelse med nedåtgående schakt

Samma schakt som beskrivits i avsnitt 2 har inverterats för att undersöka hur temperaturen påverkas från en varmare övre öppning. En given påverkan är värmeledning. Uppvärmning medför volymökning och därmed ett uppåtgående flöde, vilket motverkar värmeledningen.

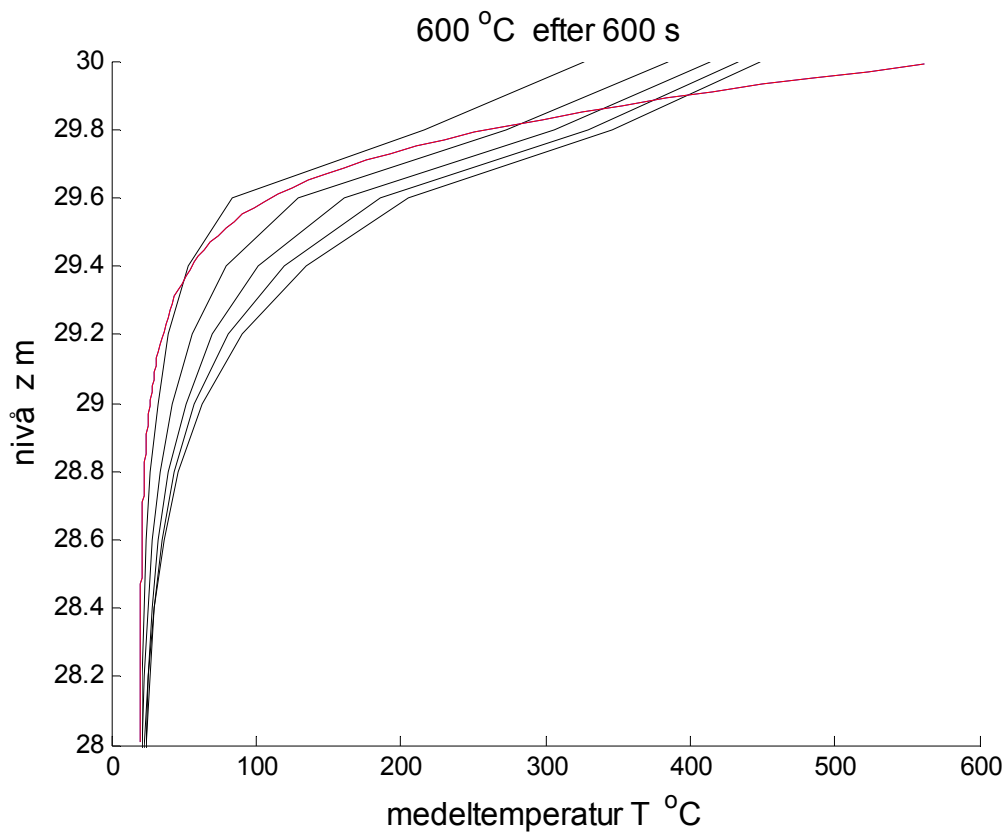
Exakta samma beräkningsfall som i avsnitt 3 redovisas med schakttemperatur efter 600 s som funktion av nivån i Figur 4.1-3 uppdelat efter de tre yttre temperaturerna 300, 600 och 900 °C och för schaktsida 1, 2, 3, 4 och 5 m.

De tre temperaturfallen i Figur 4.1-3 är ytterst snarlika. De fem schaktfallen med olika schaktsida skiljer sig åt något. En förklaring kan vara att turbulensen som svarar för en del av värmeöverföringen neråt begränsas av omslutande ytor. Ett schakt med sidan s m har för modulen $0.2 \text{ m } 25s^2$ moduler per tvärsnitt och $20s$ begränsande modulsidor per tvärsnitt. Förhållandet mellan moduler och modulsidor för ett tvärsnitt blir $1.25s$. Det skiljer därför en faktor 5 mellan minsta och största schaktsida.

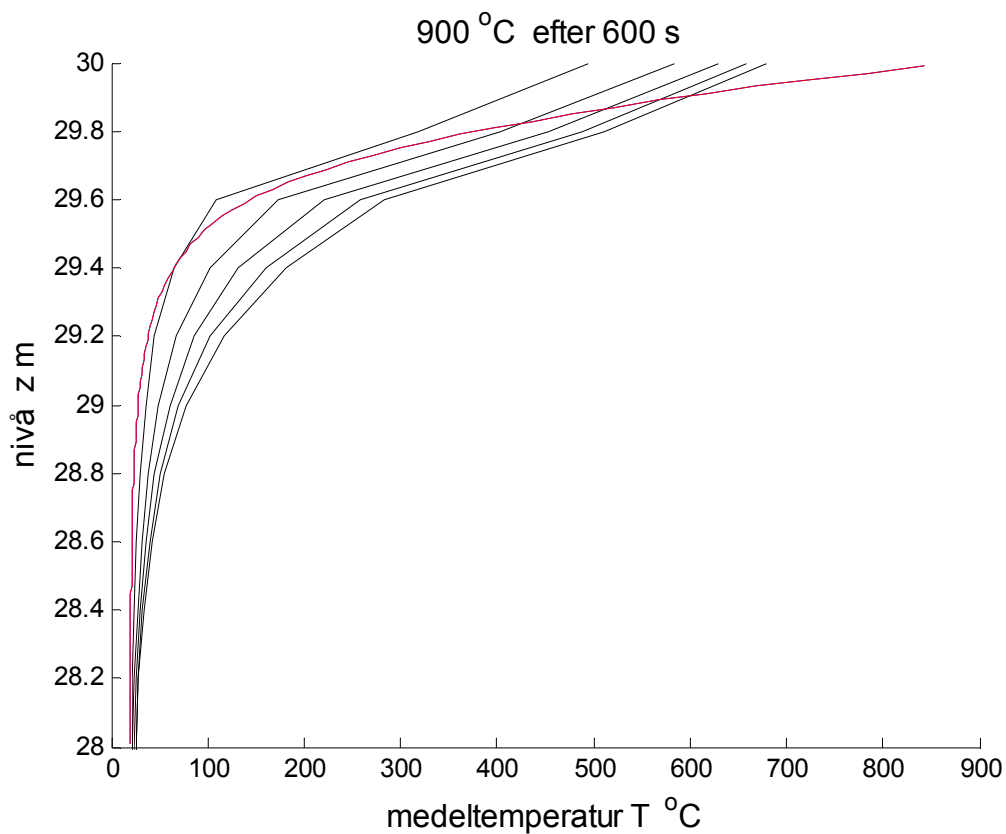
Jämförelse har skett endimensionell värmeledning med avseende på absoluttemperaturen linjärt beroende densitet och linjärt och kvadratiskt beroende värmeledningstal. Beräknad temperatur redovisas i Figur 4.1-3 och bör vara lägre den beräknad med turbulens, vilket stämmer delvis. Överensstämmelsen är dock god för hur djupt påverkan når på 600 s.



Figur 4.1 Schakttemperatur som funktion av nivå efter 600 s för 300 °C och schaktfall.



Figur 4.2 Schakttemperatur som funktion av nivå efter 600 s för 600 °C och schaktfall.



Figur 4.3 Schakttemperatur som funktion av nivå efter 600 s för 900 °C och schaktfall.

5 Jämförelse med horisontellt schakt

Samma schakt som beskrivits i avsnitt 2 har orienterats horisontellt för att undersöka hur temperaturen påverkas från sidan av en varmare öppning. Det förväntade resultatet är inströmning i den övre halvan av schaktet och utströmning i den undre halvan av schaktet. Friktionsförluster vid schaktväggar och mellan de två flödena begränsar strömningen betydligt.

Jämförelse kan göras med en öppning mellan två volymer med olika temperatur, vilket kan skapa betydande in- och utströmningshastigheter som funktion av temperaturer och öppningshöjd. En genomräkning har gjorts för en övre temperatur upptill 1000 °C och öppningar upptill 5 m. Den nedre temperaturen har varit 20 °C. Resultatet redovisas i Figur 5.1 med den övre medelhastigheten (med den högre temperaturen och den lägre densiteten) och i Figur 5.2 för den nedre medelhastigheten (med den lägre temperaturen och den högre densiteten).

Fyra utav femton samma beräkningsfall som i avsnitt 3 redovisas med högsta och lägsta temperatur (udda Figur nr) och högsta och lägsta hastighet (jämn Figur nr) efter 120, 240, 360, 480 och 600 s som funktion av avstånd från öppning i Figur 5.3-10. De fyra fallen är kombinationer av lägsta och högsta yttre temperatur 300 och 900 °C och minsta och största schaktsida 1 och 5 m. Temperaturaxlar och hastighetsaxlar är lika i samtliga diagram. Den redovisade hastigheten avser hastigheten i enbart schaktets längdaxel.

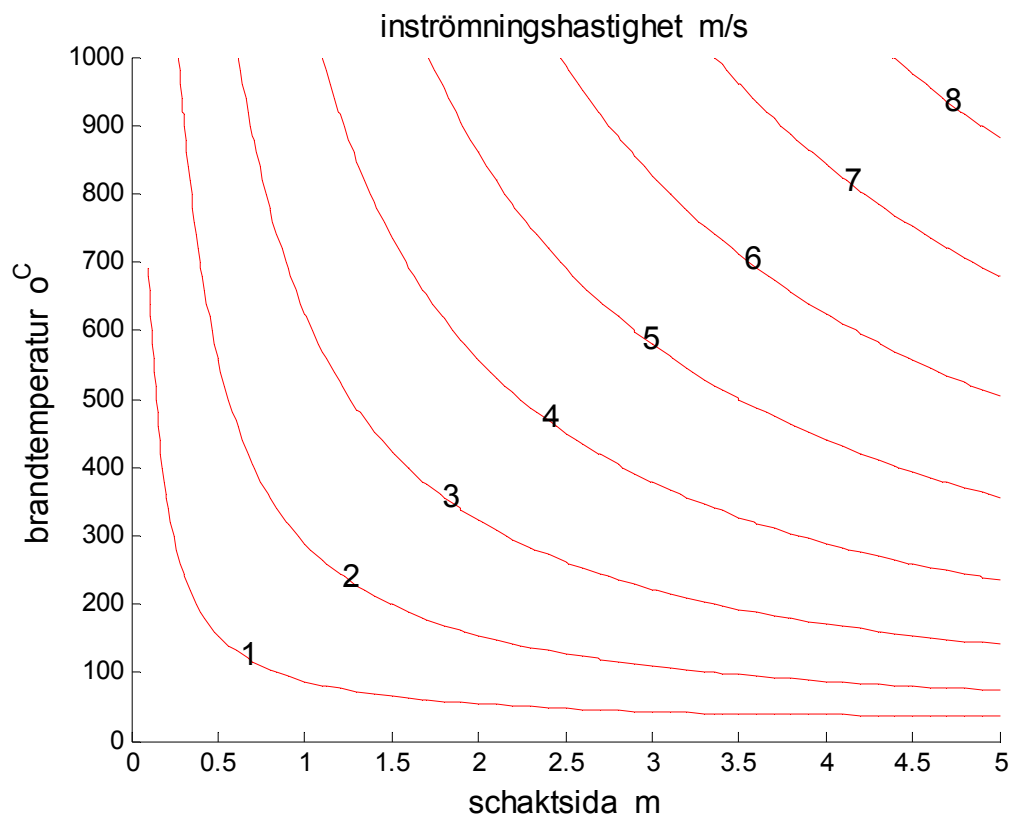
Lägsta och högsta temperatur i det horisontella schaktet ligger långt under den yttre temperaturen. Schaktets storlek har som väntat betydelse.

Den högsta temperaturen avtar med avståndet från öppningen. Den lägsta temperaturen är för fall med stor schaktsida 5 m, vilket kan förklaras med att turbulensen blandar om schaktluften och särskilt för en liten schaktsida 1 m med endast fem moduler tvärs schaktet.

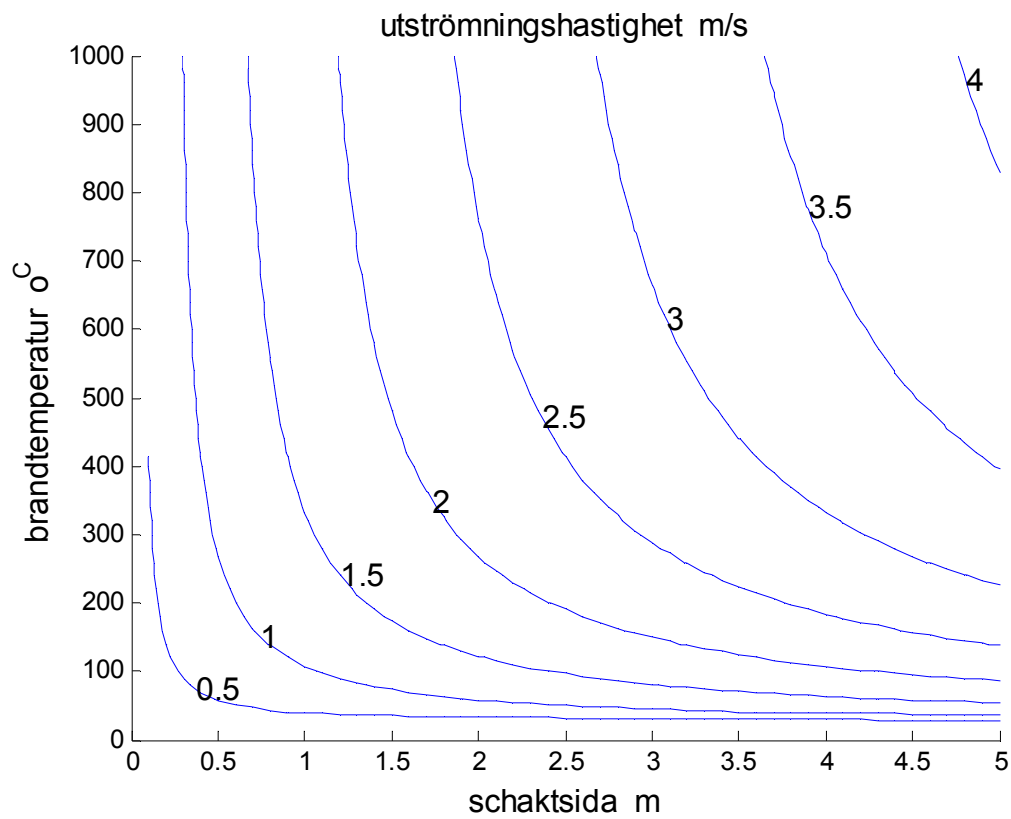
Lufthastigheten avtar med avståndet från öppningen. Det varmare inflödet uppvisar en något högre hastighet, vilket kan förklaras med att genomströmningen har ett givet nästan konstant massflöde. En högre temperatur innebär en lägre densitet och därmed måste hastigheten vara högre.

Lufthastigheterna är som väntat lägre än de som gäller för en öppning av samma storlek som ett schakttvärsnitt. Den hastigheten i Figur 5.1 kan läsas av till 2, 4.5, 3.5 och 8 m/s för fallen sida 1 m 300°C, 5 m 300°C, 1 m 900°C och 5 m 900°C. Motsvarande hastigheter i Figur 5.3, 5.5, 5.7 och 5.9 ger 0.25, 1, 0.5 respektive 2 m/s. Friktionsförluster vid schaktväggar och mellan de två flödena begränsar strömningen betydligt.

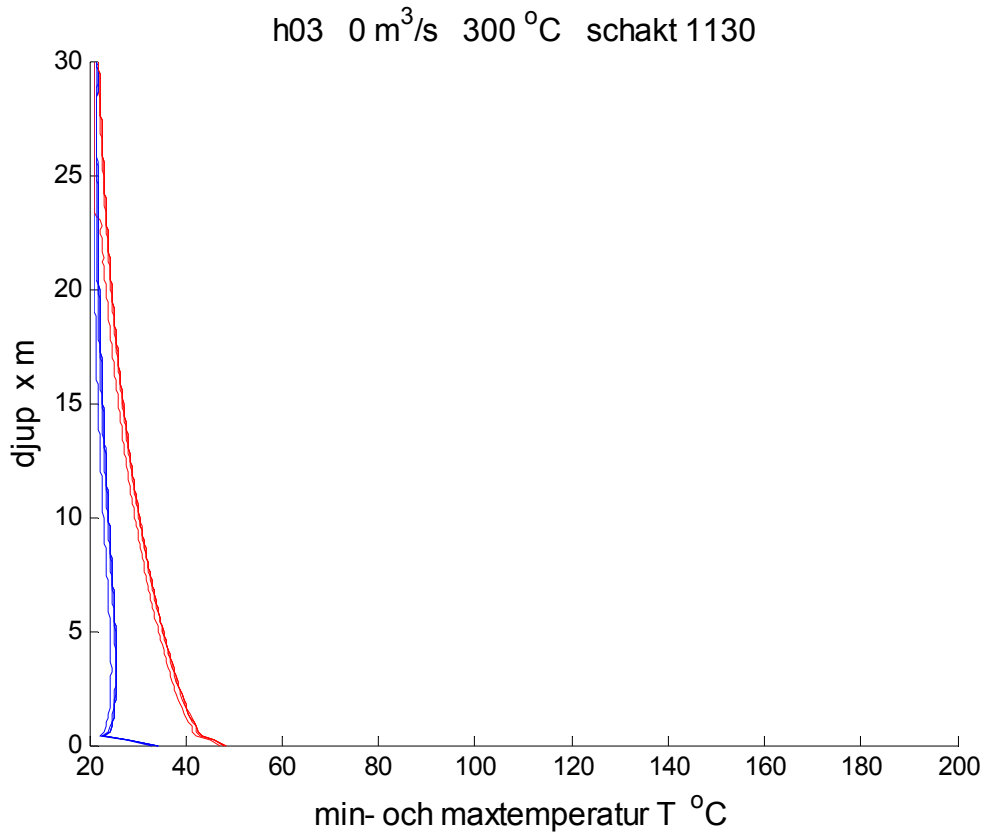
Avslutningsvis högre temperaturer hade förväntats för inströmmande luft med den högra yttre temperaturen. Den varma öppningen till schaktet ligger i gränsen på beräkningsvolymen, men det borde inte ha någon betydelse.



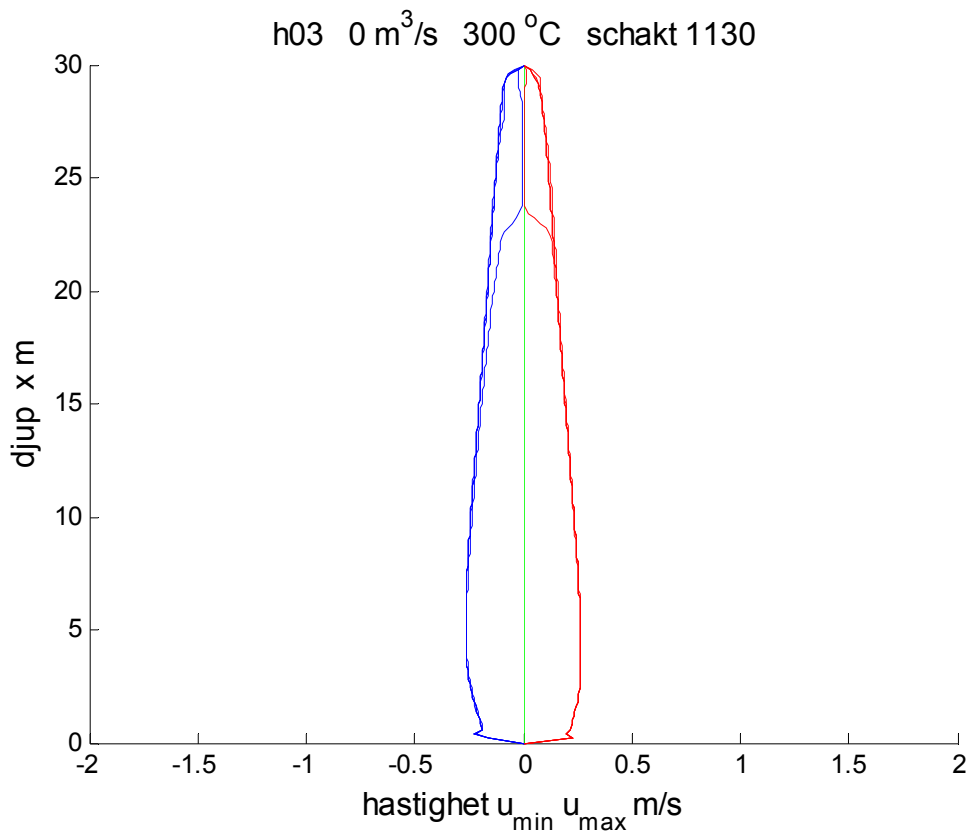
Figur 5.1 Medelhastighet för inflöde som funktion av öppningshöjd och övre temperatur.



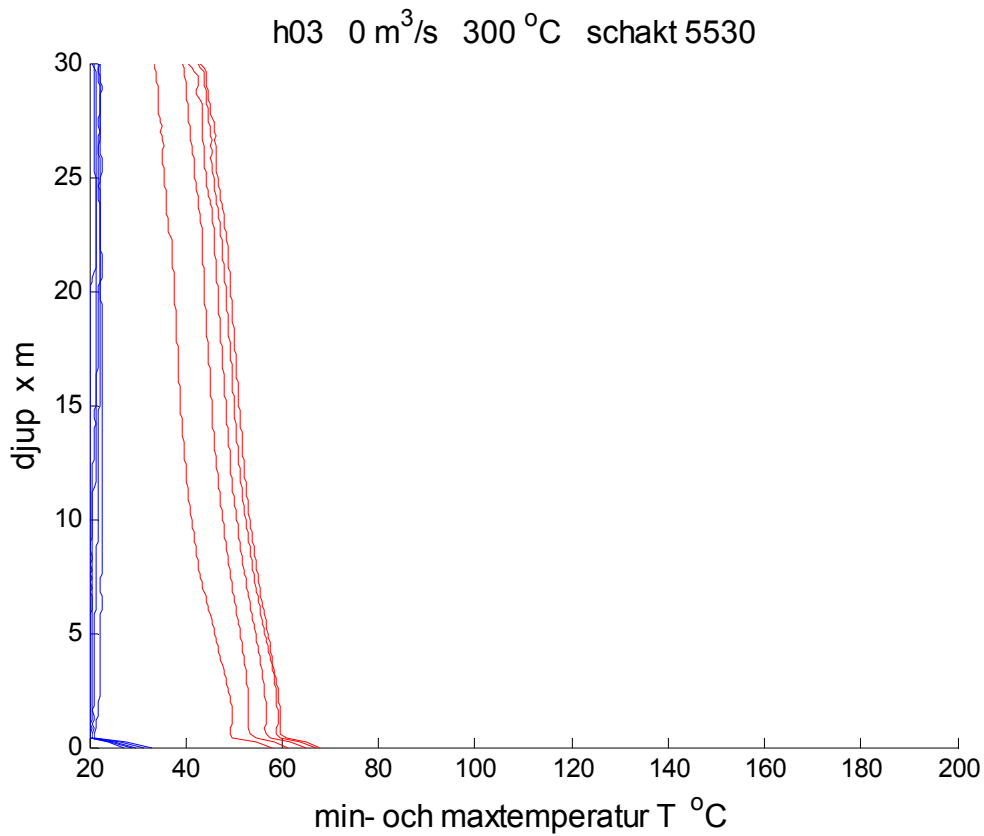
Figur 5.2 Medelhastighet för utflöde som funktion av öppningshöjd och övre temperatur.



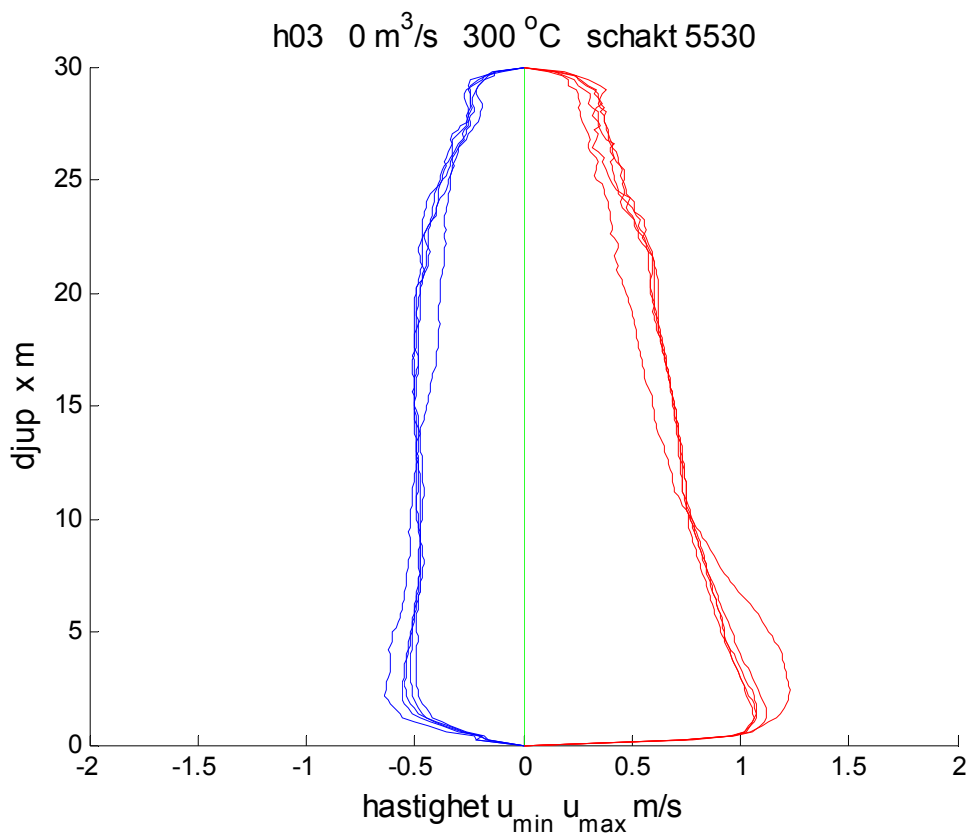
Figur 5.3 Högsta och lägsta temperatur som funktion av avstånd för 300 °C, sida 1 m och tid.



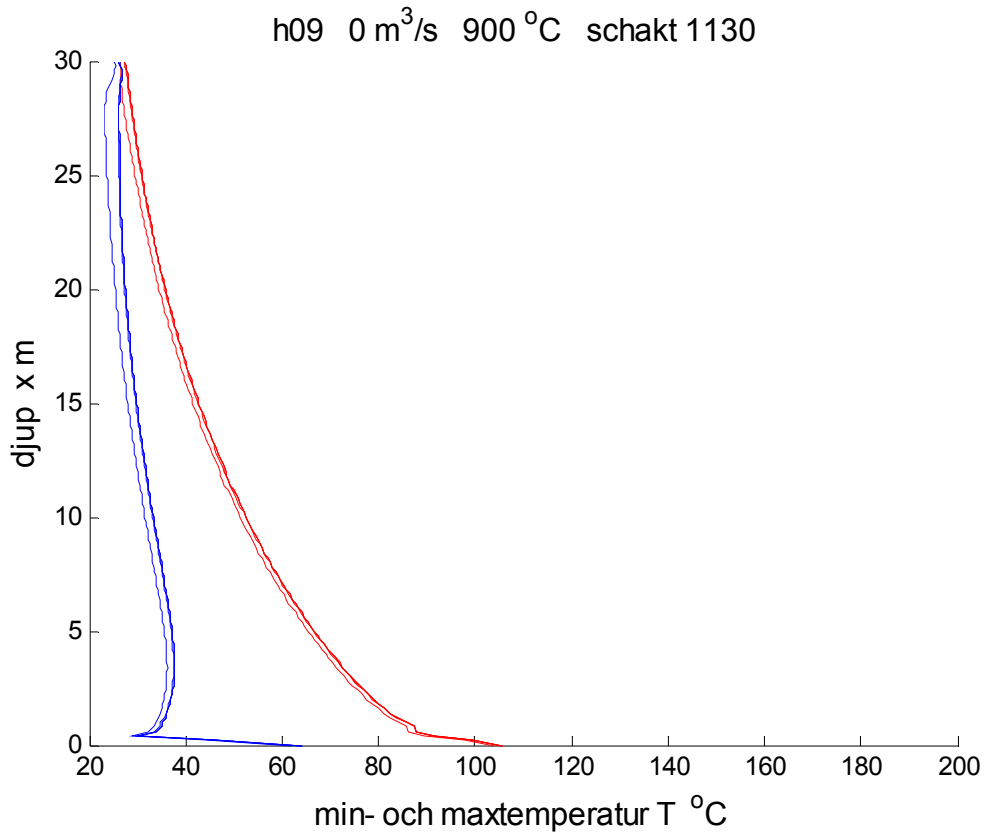
Figur 5.4 Högsta och lägsta hastighet som funktion av avstånd för 300 °C, sida 1 m och tid.



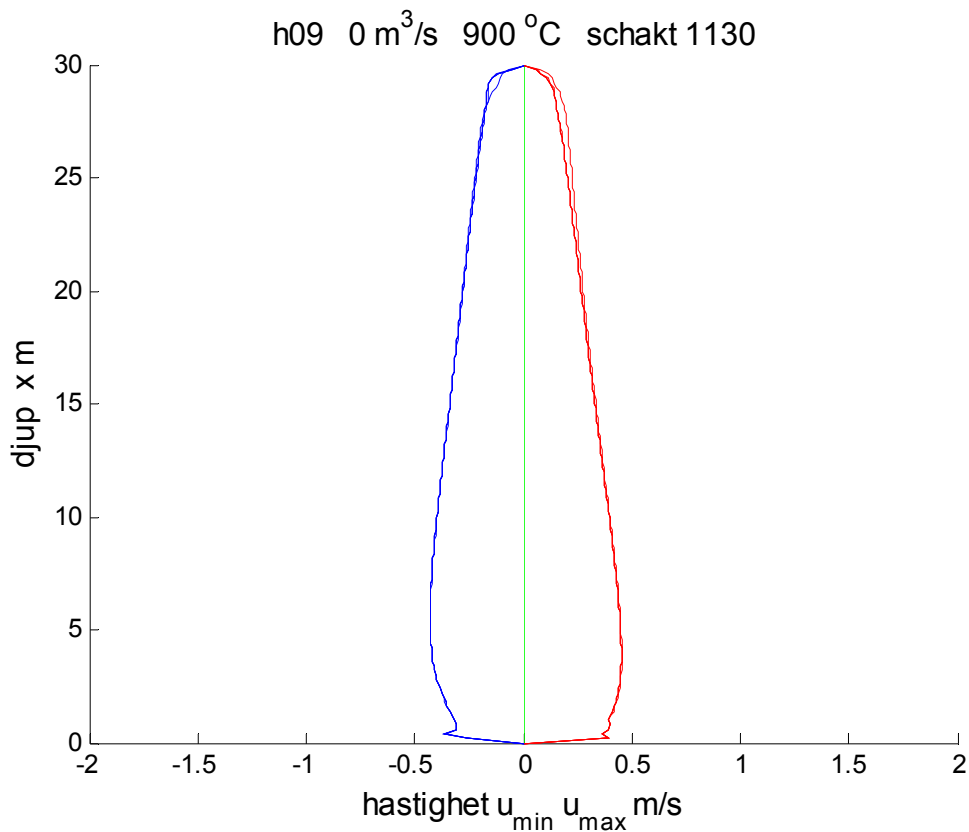
Figur 5.5 Högsta och lägsta temperatur som funktion av avstånd för 300 °C, sida 5 m och tid.



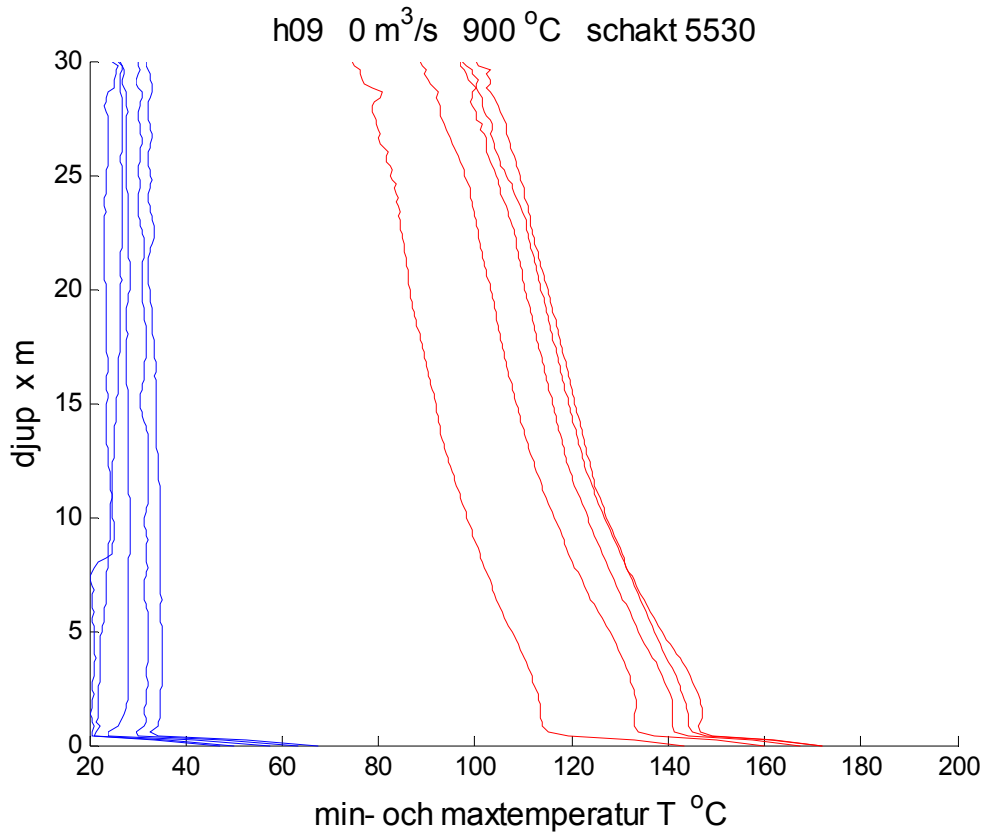
Figur 5.6 Högsta och lägsta hastighet som funktion av avstånd för 300 °C, sida 5 m och tid.



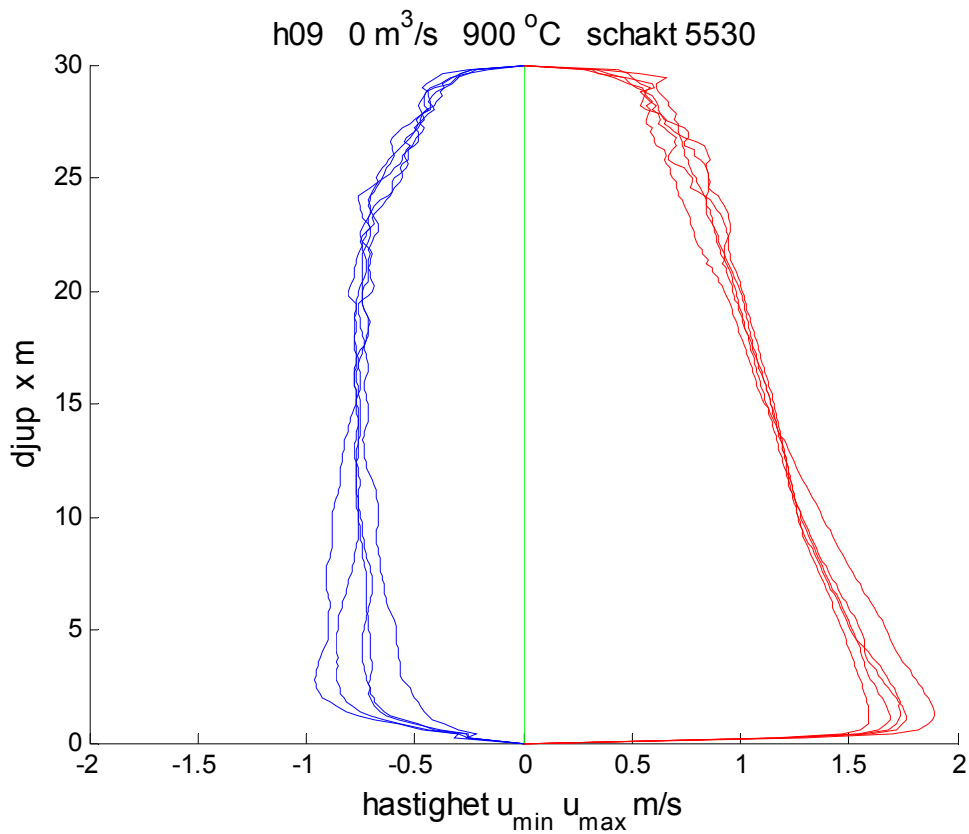
Figur 5.7 Högsta och lägsta temperatur som funktion av avstånd för 900 °C, sida 1 m och tid.



Figur 5.8 Högsta och lägsta hastighet som funktion av avstånd för 900 °C, sida 1 m och tid.



Figur 5.9 Högsta och lägsta temperatur som funktion av avstånd för 900 °C, sida 5 m och tid.



Figur 5.10 Högsta och lägsta hastighet som funktion av avstånd för 900 °C, sida 5 m och tid.

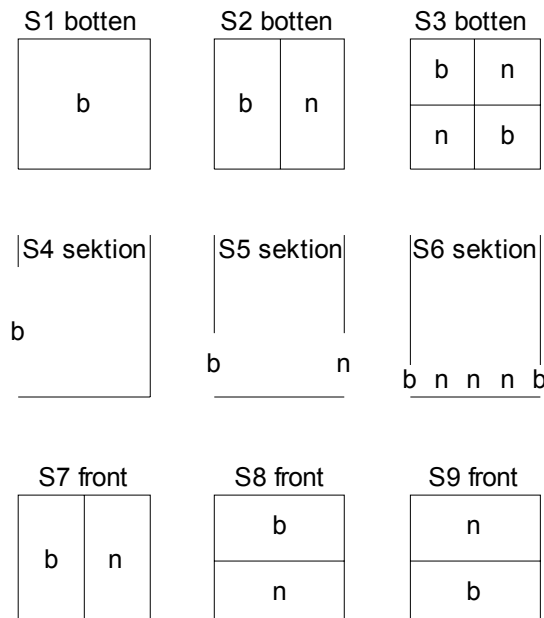
6 Jämförelse uppåtående schakt med olika bottengeometri

Avsikten med detta avsnitt är att för ett och samma schakt med måtten 4·4·30 m undersöka betydelsen av bottengeometri för öppningen och eventuell uppdelning av temperatur i 20 °C och 600 °C. Tidigare i avsnitt 2 har hela bottenytan varit utsatt för en hög temperatur. Totalt skall åtta andra fall undersökas enligt sammanställningen i Figur 6.1 numrerade S1-9. Varje fall S1-9 redovisas i Figur 6.2-10 med standardavvikelse, minsta, medel, största schakttemperatur som funktion av nivån efter 600 s. Standardavvikelsen har ökat med 20 för att kunna ritas in i samma diagram med temperaturaxel (20,100) °C.

Fall S1-3 har en öppningsyta på 16 m² och den har delats upp i två och fyra delytor för fall S2 respektive S3. Detta gjordes för att undersöka om in- och utströmningen kunde öka för fall S2 och S3.

Fall S4-6 har samma öppningsyta på 16 m² uppdelat på en, två och fyra delytor. Temperaturen för de tre fallens delytor är för S4 hög, S5 hög+normal och S6 hög+normal+hög+normal. Höjden för de tre fallens delytorna är 4, 2 och 1 m för S4, S5 respektive S6.

Fall S7-9 är en förfining av fall S1 med samma öppningsyta på 16 m², men med olika uppdelning i hög och normal temperatur.



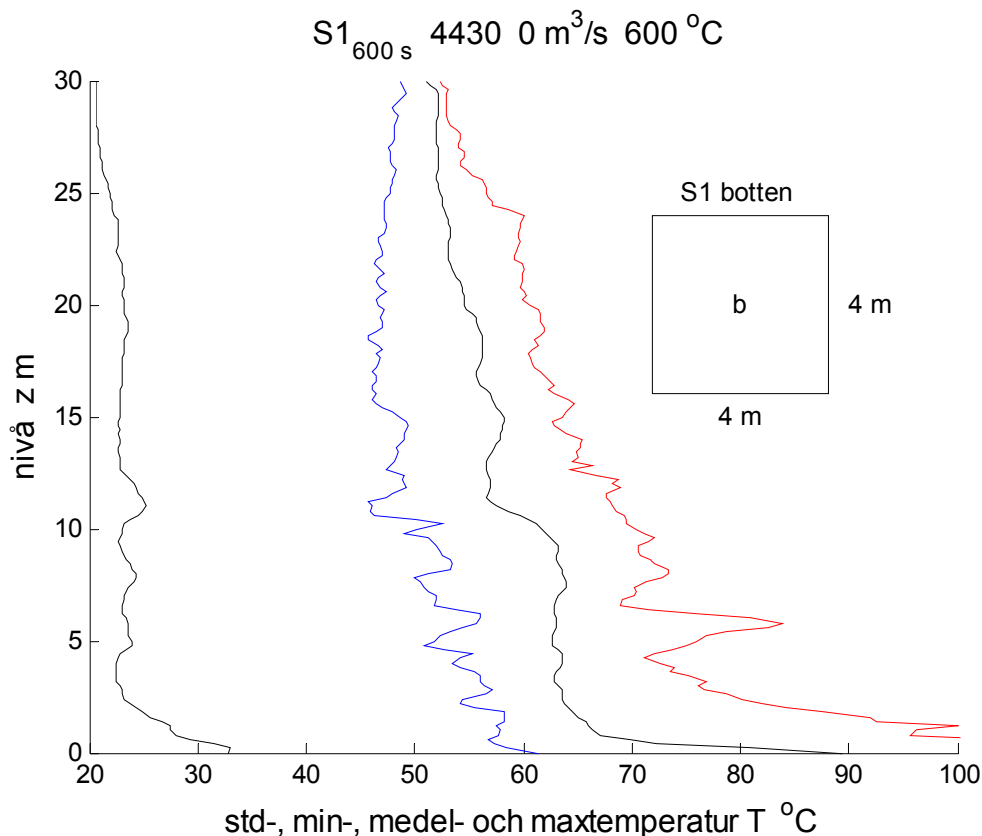
Figur 6.1 Öppningsgeometri och temperatur för beräkningsfall S1-9.

Varje fall S1-9 redovisas i Figur 6.2-10 med standardavvikelse, minsta, medel, största schakttemperatur som funktion av nivån efter 600 s. Standardavvikelsen har ökat med 20 för att kunna ritas in i samma diagram med temperaturaxel (20,100) °C.

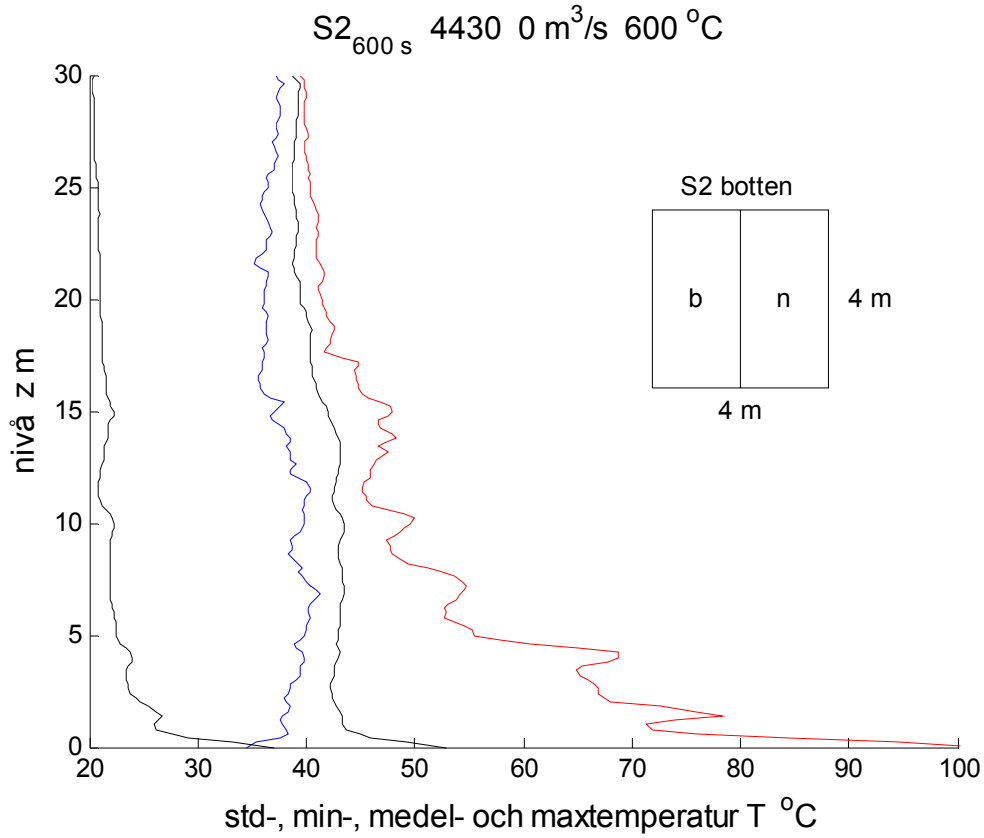
Fall S1-3 har genomgående avtagande medeltemperatur med ökande nivå. Fall S4 och S5 har något ökande medeltemperatur med ökande nivå. Fall S6 med 1 m hög öppning nederst har genomgående avtagande medeltemperatur med ökande nivå. Fall S7-9 har genomgående monotont ökande medeltemperatur med ökande nivå.

De nio fallens medelvärde sammanställs även i Figur 6.11-14 med grupperingarna S1-3, S4-6, S4,7-9 samt S1,4. Fall S1-3 i Figur 6.11 visar att en mindre varm öppningsyta ger en lägre schakttemperatur. Förklaringen är att inströmning sker över mer än halva öppningsytan, vilket medför att all inströmning för fall S1 sker med hög temperatur. Fall S4-6 i Figur 6.12 visar samma sak som i Figur 6.11 och förklaringen är den samma. Fall 7-9 i Figur 6.13 tillsammans med fall S4 visar samma sak som i Figur 6.11 och 6.12 att en halverad varm öppningsytan ger mindre varm inströmning och lägre schakttemperatur.

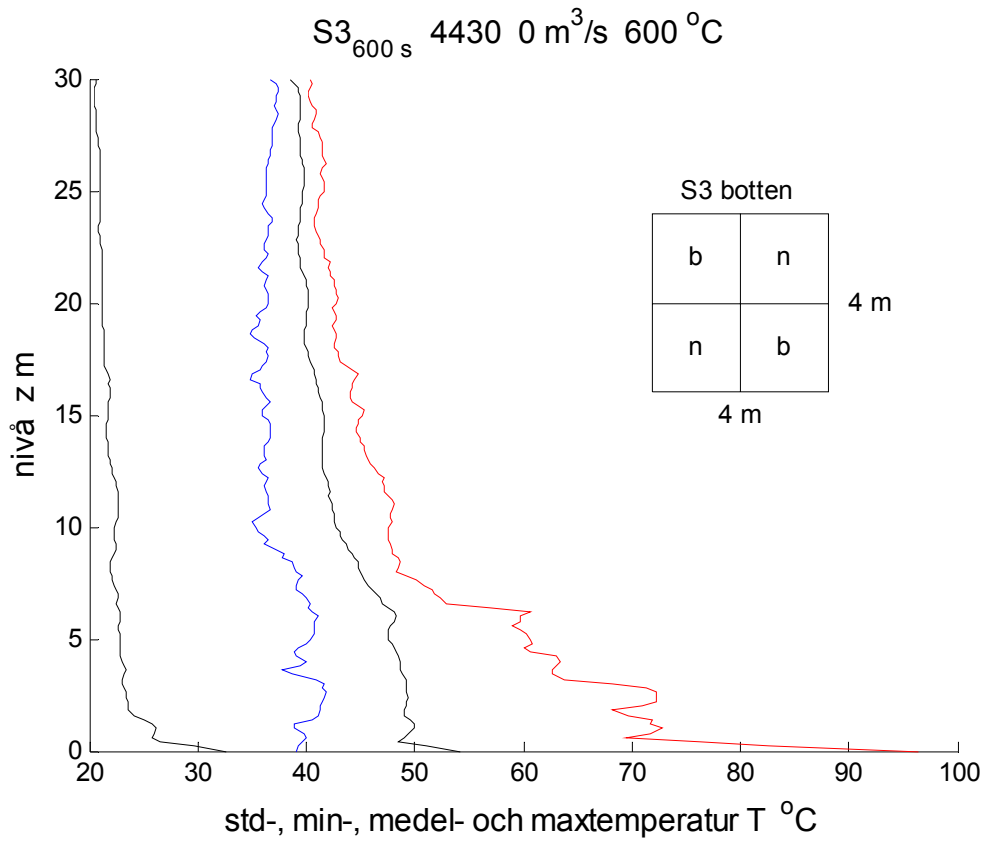
Fall S1 och S4 jämförs i Figur 6.14 och de två temperaturkurvorna visar att fall S1 med en varm botten får en något instabil strömning med både ökande och avtagande schakttemperatur med ökande nivå, medan fall S4 med en lika stor och lika varm sidoöppning får en stabilare strömning med monotont ökande schakttemperatur med ökande nivå.



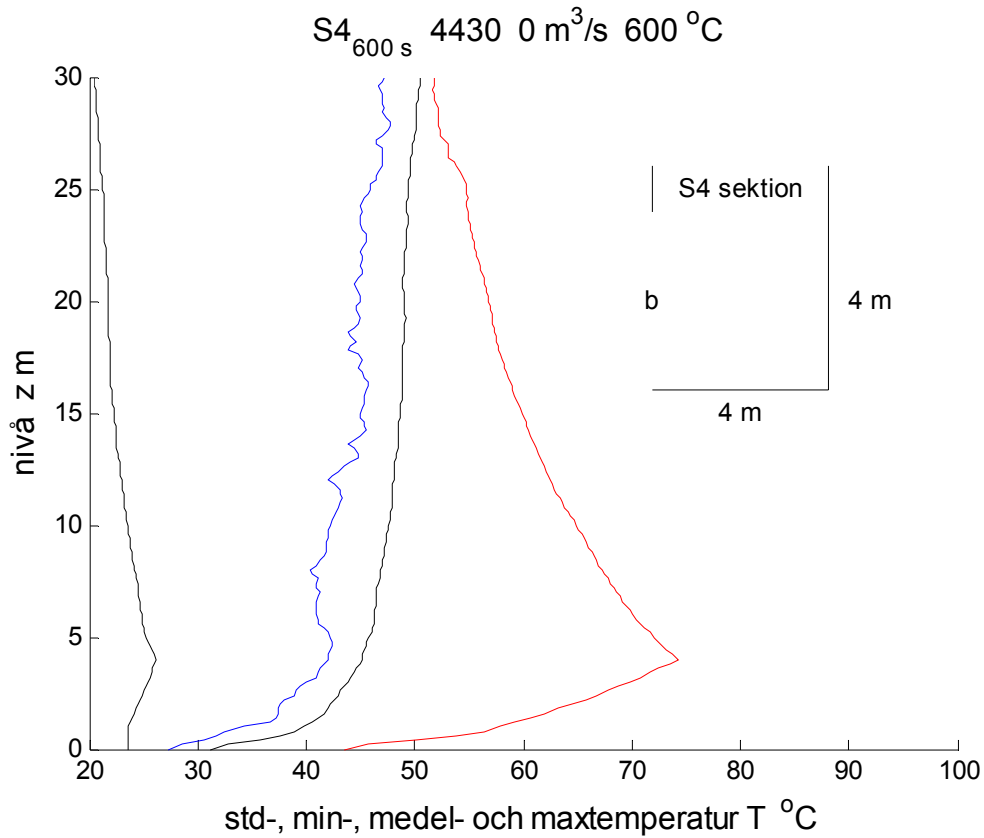
Figur 6.2 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S1.



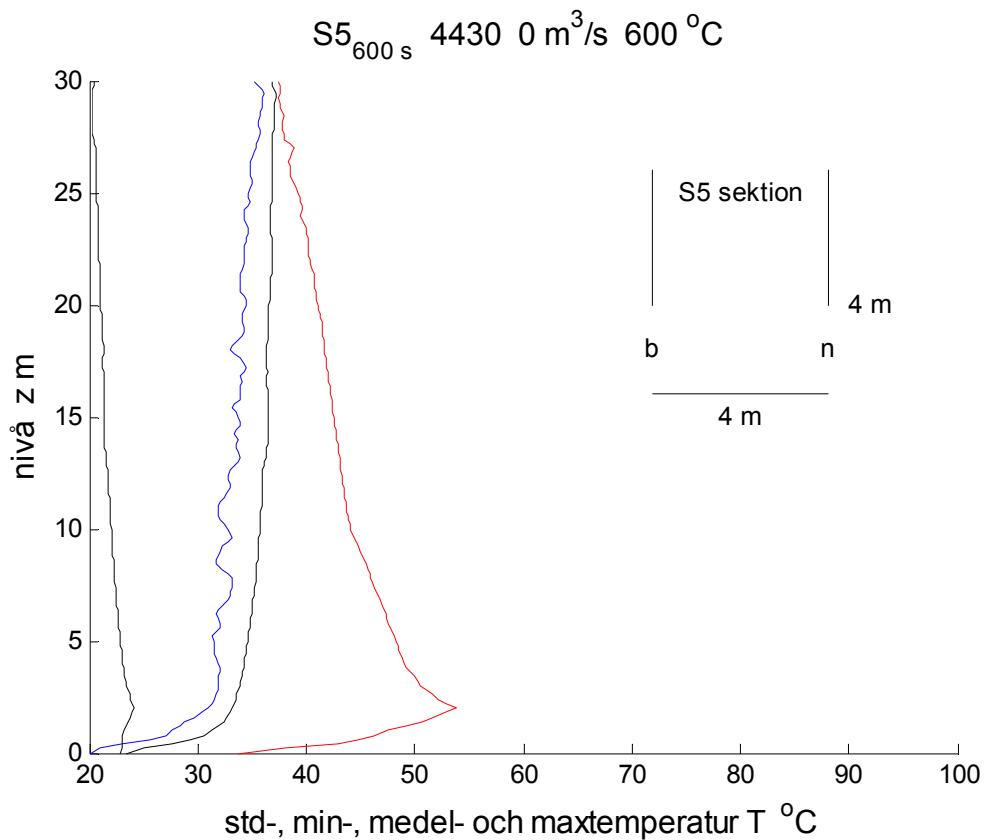
Figur 6.3 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S2.



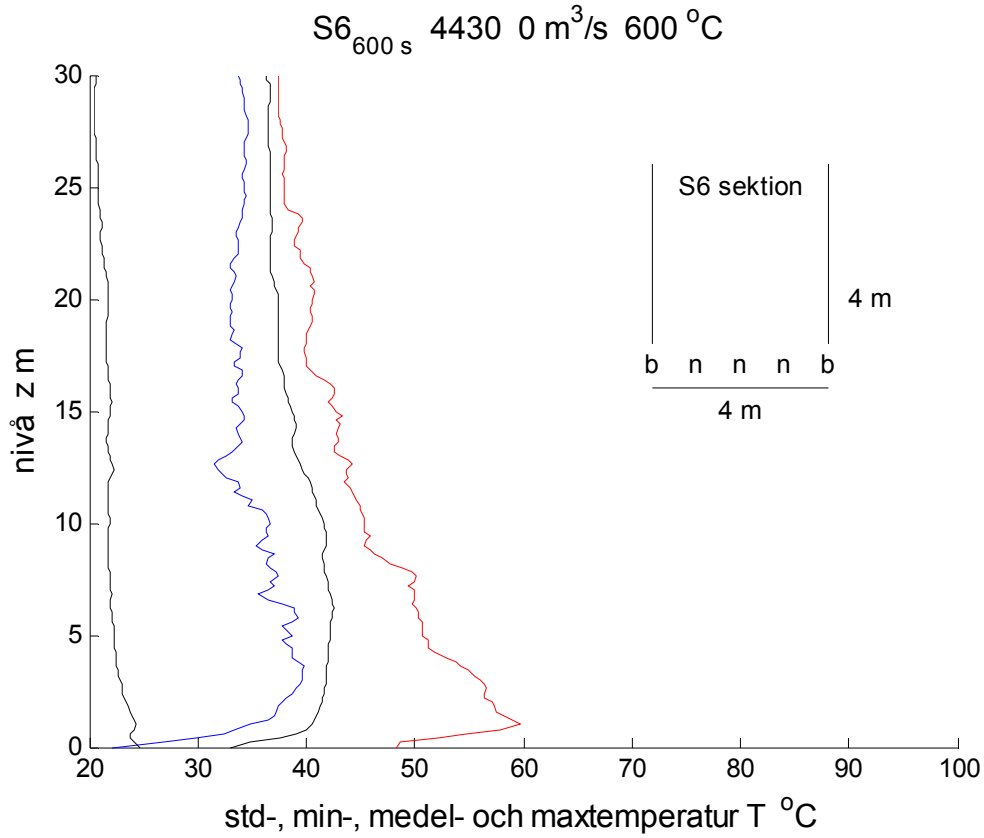
Figur 6.4 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S3.



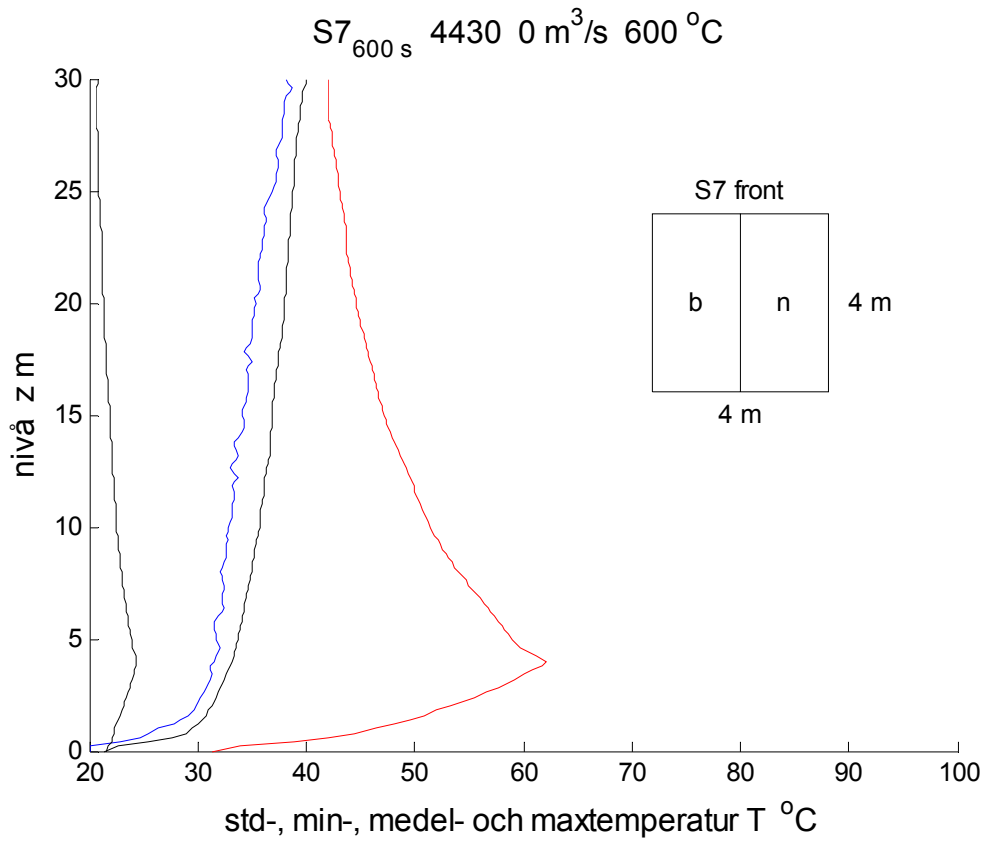
Figur 6.5 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S4.



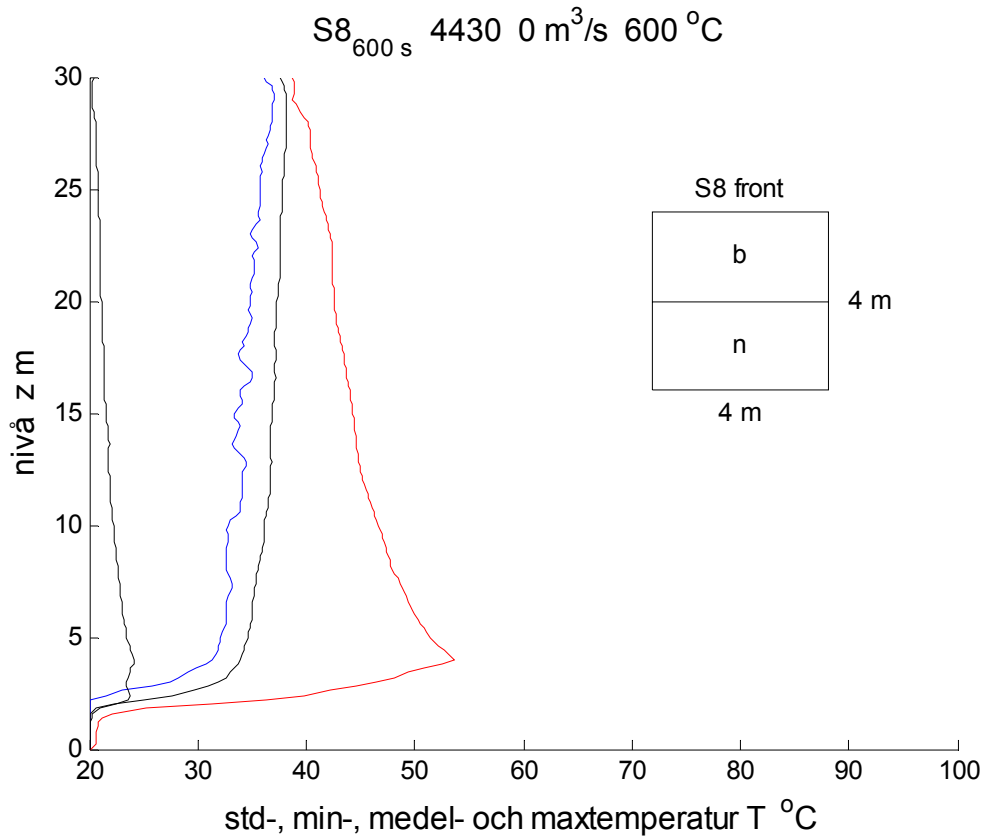
Figur 6.6 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S5.



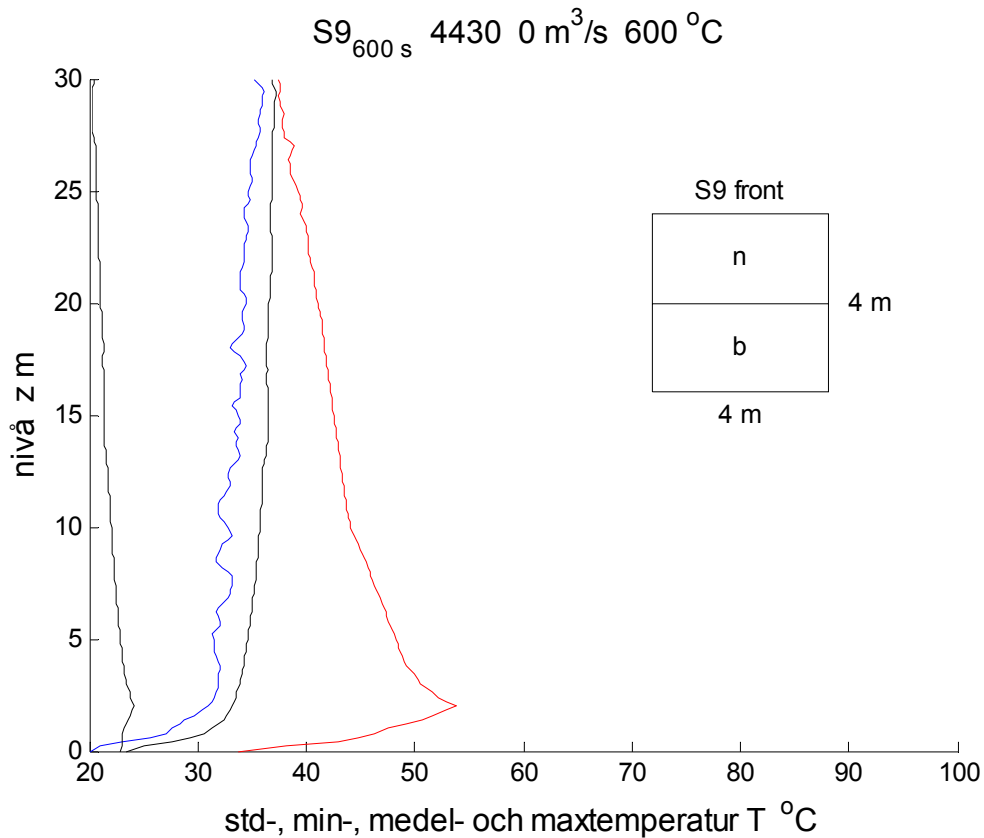
Figur 6.7 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S6.



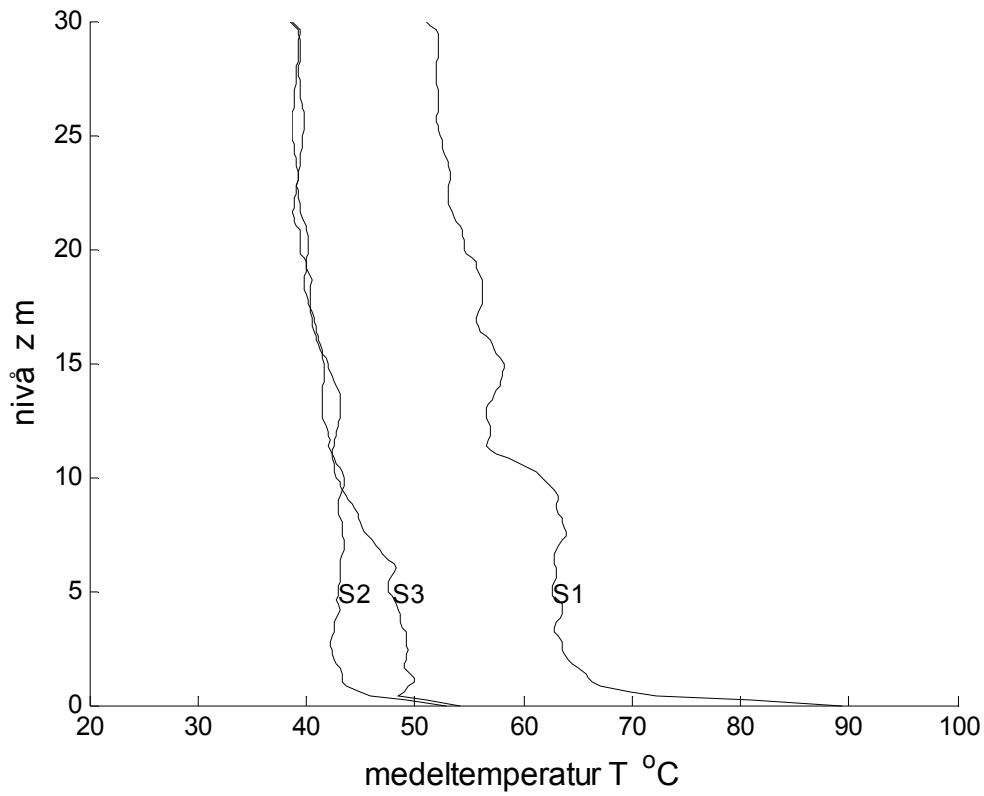
Figur 6.8 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S7.



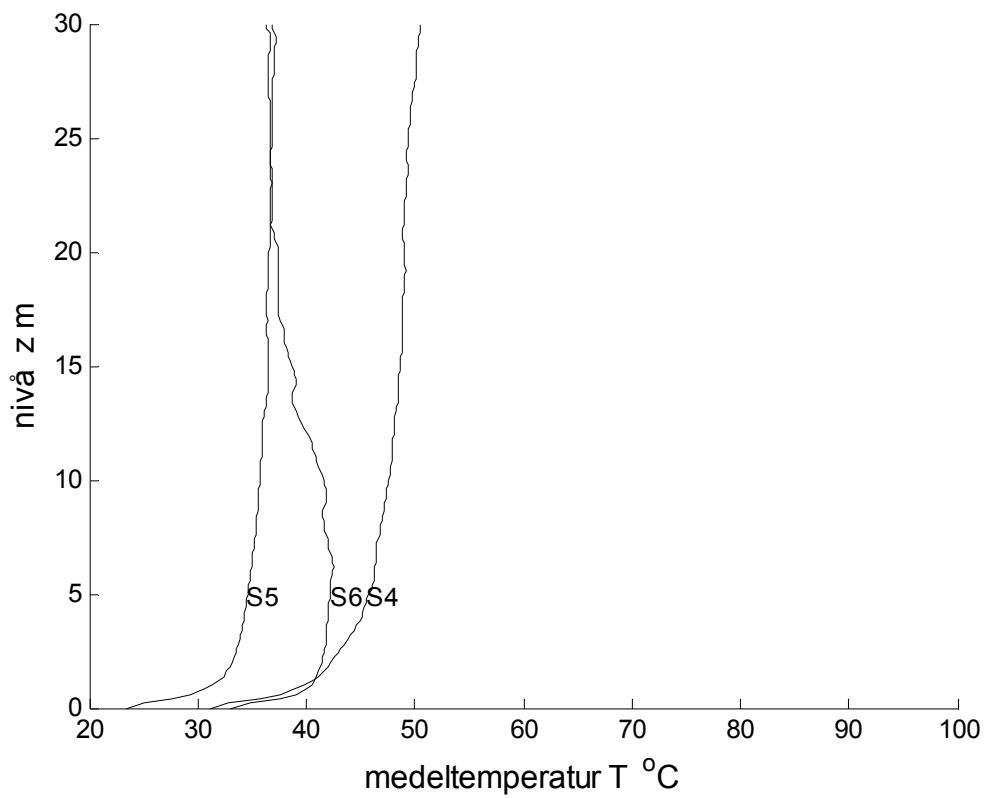
Figur 6.9 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S8.



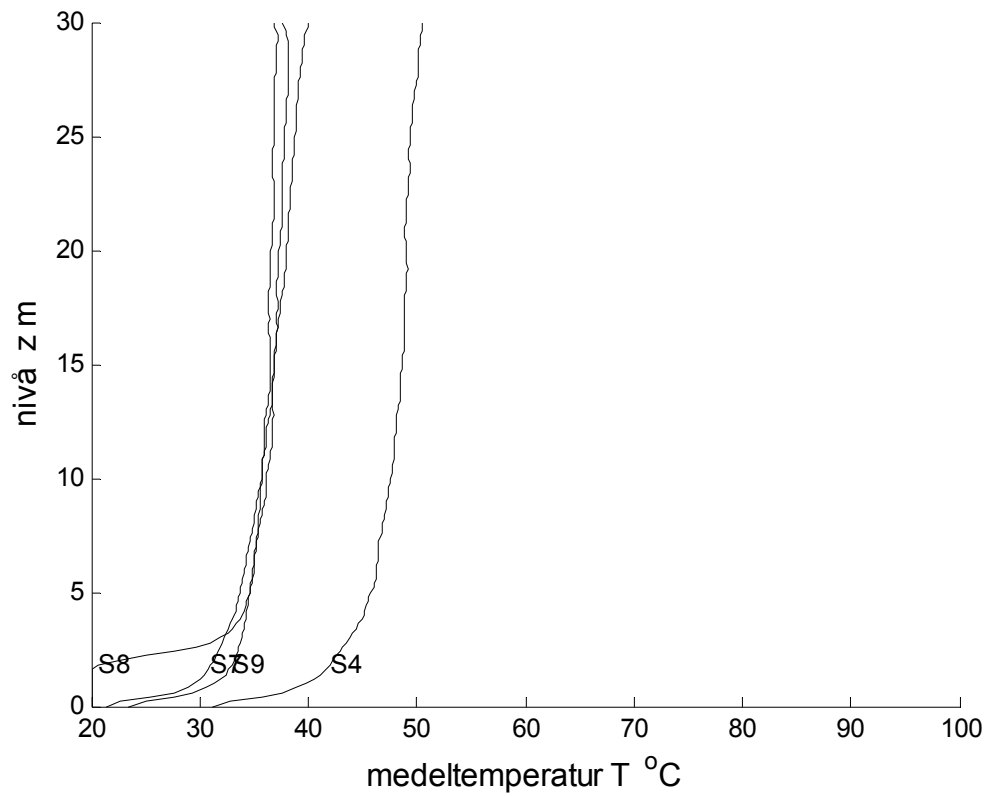
Figur 6.10 Max, medel, min och std för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S9.



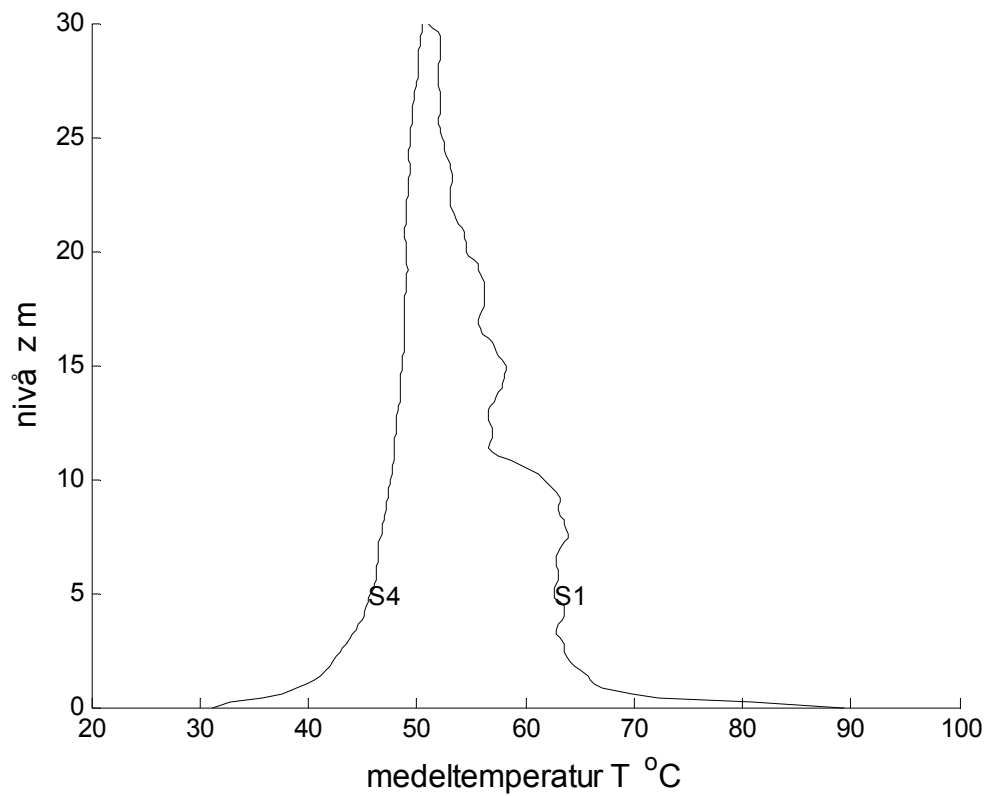
Figur 6.11 Medelvärde för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S1-3.



Figur 6.12 Medelvärde för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S4-6.



Figur 6.13 Medelvärde för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S4,7-9.



Figur 6.14 Medelvärde för schakttemperatur som funktion av nivå för fall S1 och S4.

7 Sammanfattning och slutsatser

Bakgrund och syfte

En dimensioneringsmetod för brandgasfläktar för brandgasevakuering av hisschakt, vilken tidigare redovisats i en arbetsrapport TVIT—07/7017, bygger på ett antagande om fullständig omblandning. Ett brandgasventilerat hisschakt har tidigare undersökts och dokumenterats i en arbetsrapport TVIT—08/7034. Tre olika CFD-modeller genomräknades alla nio kombinationer mellan för tre ventilationsflöden 1, 2 och 3 m³/s och tre brandtemperaturer 300, 600 och 900 °C. Denna studie visade att det fanns en betydande omblandning. Hisschaktet hade tio hissplan med läckande hissdörrar. Schakthöjden var 30 m och tvärsnittet var kvadratisk med sidan 2.6 m. Beräkningsmodulen var kubisk med sidan 0.2 m.

Syftet med denna arbetsrapport är att med datorprogrammet FDS undersöka temperaturstratifieringen i ett oventilerat schakt med en hög bottentemperatur nederst och jämföra resultatet med ett antagande om fullständig omblandning. Denna arbetsrapport får ses som ett försök att förstå temperaturstratifiering och omblandning i ett oventilerat schakt utan några värmeförluster. De olika delavsnitten visar också arbetets fördjupning och kronologiska gång.

Beräkningsfall

Ett schakt utan värmeförluster och med höjden 30 m och ett kvadratisk tvärsnitt har genomräknats för ett uppåtgående schakt med olika bottengeometri, ett neråtgående schakt och ett horisontellt schakt. Fem olika schaktsidor 1, 2, 3, 4 och 5 m och tre olika bottentemperaturer 300, 600 och 900 °C har kombinerats till femton fall. Beräkningstiden har varit 600 s med samplingar vid 120, 240, 360, 480 och 600 s. Syftet var att bestämma schakttemperaturen i förhållande till den höga påverkande temperaturen.

Uppåtgående schakt

Resultatet för schaktmedeltemperaturen funktion av nivån för ett uppåtgående schakt kan sammanfattas med:

- avtar genomgående med ökande nivå.
- ökar genomgående med tiden.
- ökar med ökande schaktsida.
- ökar med ökande bottentemperatur.
- är betydligt lägre än bottentemperaturen.
- kan vara ökande med nivån i nedre delar av schaktet.
- kan variera i tiden för samma nivå i nedre delar av schaktet.
- bottengeometrin har viss betydelse
- störst inströmning fås om hela öppningsytan har hög temperatur

Huvudslutsatsen är att schaktlufttemperaturen är betydligt lägre än den påverkande botten-temperaturen och att schaktluftens temperatur avtar uppåt. Den låga schakttemperaturen innebär att inströmningen är begränsad och att omblandning sker. Variation i tid och i rum i den nedre delen av schaktet kan förklaras med någon form av bubbelströmning som termik-bubblor.

Neråtgående schakt

Resultatet för schaktmedeltemperaturen funktion av nivån för ett neråtgående schakt kan sammanfattas med:

- avtar kraftigt med minskande nivå.
- nästan ingen påverkan 2 m ner
- ökar med tiden.
- ökar med ökande schaktsida (turbulensen begränsas för små schaktsidor).
- ökar med ökande botten-temperatur.
- endimensionell värmeledning ger liknade resultat dock oberoende av schaktsida

Horisontellt schakt

Resultatet för schakttemperaturen funktion av avståndet från öppningen för ett horisontellt schakt kan sammanfattas med:

- högsta temperaturen avtar med avståndet.
- högsta temperaturen är betydligt lägre än temperaturen vid öppningen
- lägsta temperaturen är obetydligt högre än starttemperaturen.
- ökar endast något med tiden.
- ökar med ökande schaktsida.
- ökar med ökande botten-temperatur.

Högsta in- och utströmningshastighet uppnås efter kort tid och ligger under de som kan uppnås för en lika stor öppning mellan två volymer med olika temperatur.