



# LUND UNIVERSITY

## Regenerativ ventilationsvärmeåtervinning - Simulering av fukttillstånd med mätdata

Jensen, Lars

2010

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, L. (2010). *Regenerativ ventilationsvärmeåtervinning - Simulering av fukttillstånd med mätdata*. (TVIT; Vol. TVIT-7046). 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

# Regenerativ ventilationsvärme- återvinning - Simulering av fukttillstånd med mätdata

*Lars Jensen*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2010  
Rapport TVIT--10/7046



## 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.

# Regenerativ ventilationsvärme- återvinning - Simulering av fukttillstånd med mätdata

*Lars Jensen*

© Lars Jensen, 2010  
ISRN LUTVDG/TVIT--10/7046--SE(50)

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

## Innehållsförteckning

1	Inledning	5
2	Fördelningsfunktioner	7
	Karlstad hus 1-5	8
	Kiruna hus 1-5	18
	Malmö hus 1-4	28
	Sundsvall hus 1-4	36
3	Resultatsammanställning	45
	Kommentar – Frånluftens vatteninnehåll	45
	Kommentar – Frånluftens relativa luftfuktighet	46
	Kommentar – Fukttillskott	47
	Kommentar – Total uppfuktning	48
	Kommentar – Fuktverkningsgrad	48
	Kommentar – Relativ kondensstemperatur	49
	Slutkommentar	50



# 1 Inledning

Syftet med denna arbetsrapport är att simulera fuktförhållanden för bostäder med ett givet fuktillskott och regenerativ ventilationsvärmeåtervinning. Det som skiljer regenerativ ventilationsvärmeväxling mot rekuperativ dito är att även fukt återvinns. En regenerativ ventilationsvärmeväxlare kan ha en hygroskopisk rotor, men en ren metallrotor återvinner även fukt genom kondens som överförs från frånluft till tilluft.

Fuktverkningsgraden ökar med ökande vatteninnehåll i frånluften. Denna självförstärkande effekt medför att mycket höga fuktillstånd kan uppnås om det bara finns ett viss fuktillskott.

Arton olika uppmätta fuktillskott från fyra olika orter kommer att användas. Dessa mätdata har tidigare undersökts in en arbetsrapport TVIT—10/7049. Beräkningsmodellen som kommer att användas finns beskriven i arbetsrapport TVIT—10/7048 och är där benämnd som basfallet.

Beräkningsmodell har haft tjugo beräkningselement. Renblåsning har införts genom att tilluftens medelvärde beräknas över ett halvt varv minskat med renblåsningsektor. Basfallet data är rotormaterial aluminium, rotordjup 200 mm, rotorkanaldiameter 2 mm, godstjocklek för rotormaterial 0.05 mm, varvtid 6 s och värmeövergångstal  $40 \text{ W/Km}^2$ . Detta ger en torr verkningsgrad på 0.769. Många rotoror har högre verkningsgrad än 0.8.

Beräkningsmodellen behandlar endast vattenånga och fritt vatten och inte vatten i fast form som is. Felet bedöms vara litet, eftersom fasövergångsvärmet mellan vattenånga och vatten är nästan sju gånger större än för fasövergången mellan vatten och is. Den givna värmeöverföringsförmåga hos rotorn begränsar övergång mellan vattenånga och is något jämfört fasövergång mellan vattenånga och vatten. Det krävs att mer värme överförs genom rotorn när övergång sker mellan vattenånga och is än mellan vattenånga och vatten. Slutsatsen är att fuktåtervinningen blir något högre än den borde vara utan att ändra ångbildningsvärmets. En ändring av ångbildningsvärmets med en faktor 1.2 ger en minskning av fuktverkningsgraden med mellan 0.01 och 0.02, vilket nästa är försumbart.

Byggnaden har simulerats med en fuktomsättningstid på 3 h, vilket innebär att den normala luftomsättningstiden på 2h för bostäder. Tilluftsflödet och frånluftsflödet har varit lika stora. Det har inte funnits något infiltrations- eller exfiltrationsflöde. Frånluftens vatteninnehåll är i starten lika med uteluftens vatteninnehåll summerat med fuktillskottet. Detta motsvara fallet utan fuktåtervinning.

Resultatet kommer att redovisas som fördelningsfunktioner för åtta olika variabler, vilka är vatteninnehåll för uteluft, tilluft och frånluft, relativ luftfuktighet för inneluft (frånluft), fuktillskott, uppfuktning, fuktverkningsgrad och relativ daggpunktstemperatur (kondenstemperatur). Jämförelse kommer att ske mot högsta vatteninnehåll vintertid om 7 g/kg (SOSFS 1999:21) och högsta uppfuktning vintertid om 2.5 g/kg (SOSFS 1999:25).



De tillgängliga mätningarna omfattar ett helt år med ett mätintervall om 30 min. För varje flerbostadshus har den tjugodagarsperiod valts ut med högsta fuktillskott och med felfria data. Antalet data blir därför 960. Detta begränsade urval i tiden har gjorts för att beräkningstiden inte skall bli för lång. Några data för de valda testperioderna redovisas i Tabell 1.1.

Tabell 1.1 Medelvärden uteklimat och fuktillskott samt startdygn för vald tjugodygnsperiod.

ort	hus nr	temperatur °C	vatteninnehåll g/kg	fuktillskott g/kg	startdygn	
Karlstad	1	-5.22	2.38	2.53	2009	26
Karlstad	2	-5.22	2.38	2.04	2009	26
Karlstad	3	-5.22	2.38	2.56	2009	26
Karlstad	4	-3.97	2.51	2.82	2008	355
Karlstad	5	-3.97	2.51	2.01	2008	355
Kiruna	1	-16.40	0.87	1.93	2009	21
Kiruna	2	-16.40	0.87	1.71	2009	21
Kiruna	3	-16.40	0.87	1.60	2009	21
Kiruna	4	-16.40	0.87	1.36	2009	21
Kiruna	5	-16.40	0.87	1.79	2009	21
Malmö	1	-0.60	3.12	2.24	2008	322
Malmö	2	-0.60	3.12	1.74	2008	322
Malmö	3	-0.60	3.12	1.88	2008	322
Malmö	4	-0.60	3.12	1.83	2008	322
Sundsvall	1	-9.01	1.81	2.26	2009	48
Sundsvall	2	-9.01	1.81	1.55	2009	48
Sundsvall	3	-9.01	1.81	2.18	2009	48
Sundsvall	4	-9.01	1.81	1.73	2009	48

Resultatet redovisas i fyra diagram per bostadshus i avsnitt 2 och i sex sammanställande tabeller i avsnitt 3. Resultatet kommenteras sist i avsnitt 3.

## 2 Fördelningsfunktioner

Simuleringsresultatet redovisas med fyra diagram per bostadshus. Samtliga diagram har hjälplinjer för sannolikheterna 0.5, 0.8 och 0.9 och till detta tillkommer vissa särskilda hjälplinjer för olika gränsvärden. Parametervärden för de tre sannolikheterna och alla hus redovisas i avsnitt 3 med en tabell för varje variabel.

Vatteninnehåll för uteluft, tilluft och frånluft g/kg redovisas med fördelningsfunktioner i Figur 1-18.1. De tre kurvorna visar att uteluften har lägsta vatteninnehåll och frånluften har högsta vatteninnehåll. De tre kurvorna får inte misstolkas som någon slags samtidighet. Linjen för vatteninnehållet 7 g/kg finns också inritad. Enligt SOSFS 1999:21 bör rumsluftens vatteninnehåll inte regelmässigt överskrida 7 g/kg under vintertid.

Fukttillskott och uppfuktning g/kg redovisas i Figur 1-18.2. Linjen för vatteninnehållet 2.5 g/kg finns också inritad. Enligt SOSFS 1999:25 bör uppfuktningen totalt inte regelmässigt överskrida 2.5 g/kg under vintertid. Uppfuktningen är skillnaden mellan frånluftens och uteluftens vatteninnehåll. Uppfuktning och fukttillskott är samma sak om det inte finns någon fuktåtervinning. Diagramaxlar är de samma som i Figur 1.18.1 för att underlätta jämförelser.

Fuktverkningsgraden redovisas i Figur 1-18.3.

Den relativa daggpunktstemperaturen eller kondensstemperaturen redovisas i Figur 1-18.4 för att kunna jämföras med den relativa inre yttemperaturen för olika byggnadsdelar. Om den relativa daggpunktstemperaturen är högre än den relativa inre yttemperaturen sker kondensutfällning på ytan. Den relativa daggpunktstemperaturen  $T_{dr}$  och den relativa inre yttemperaturen  $T_{yr}$  kan skrivas som följer:

$$T_{dr} = (T_d - T_u) / (T_i - T_u) \quad (-) \quad (2.1)$$

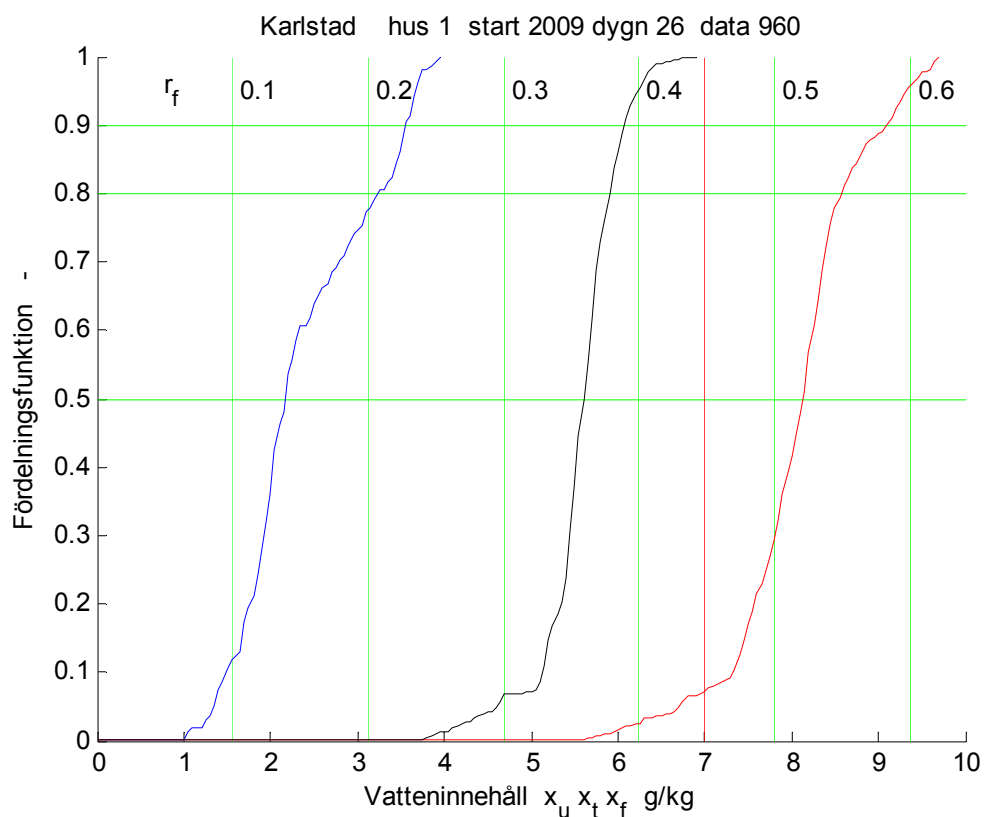
$$T_{yr} = (T_y - T_u) / (T_i - T_u) = 1 - U m_i \quad (-) \quad (2.2)$$

där

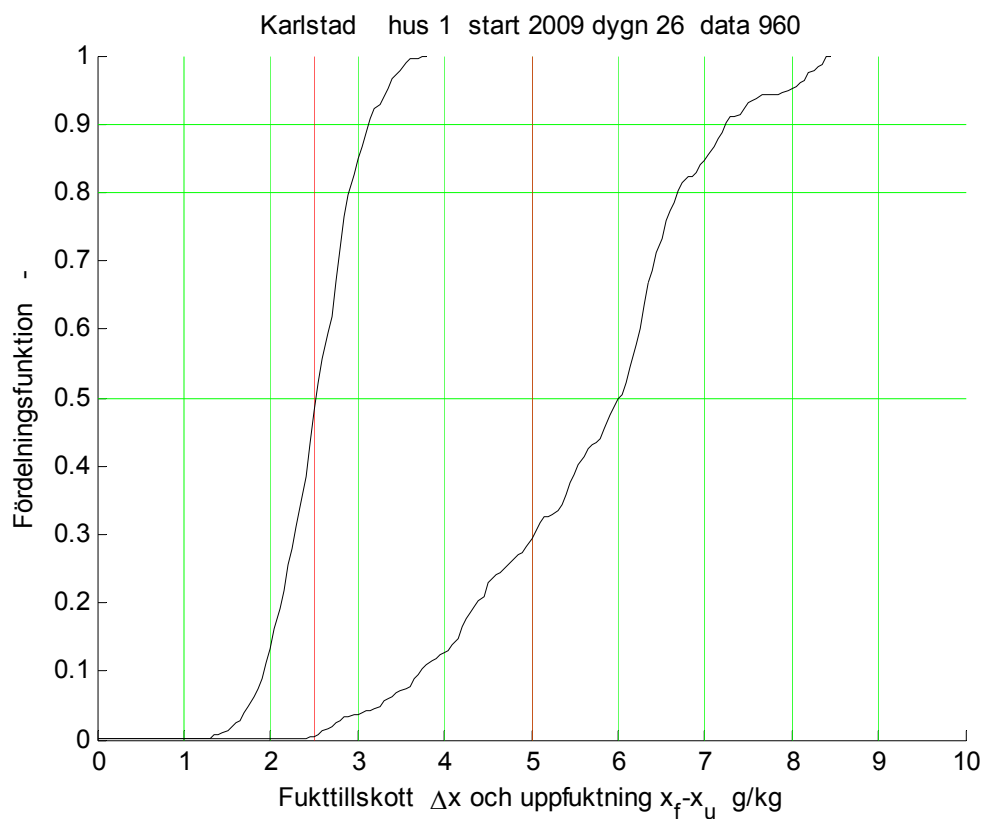
$T_d$	daggpunktstemperatur, °C
$T_y$	inre yttemperatur, °C
$T_u$	utetemperatur, °C
$T_i$	innetemperatur, °C
$U$	U-värde, W/Km <sup>2</sup>
$m_i$	inre övergångsmotstånd, m <sup>2</sup> K/W

Det inre övergångsmotståndet brukar sättas till 0.13 m<sup>2</sup>K/W. Fem hjälplinjer för  $T_{yr}$  med U-värde 1, 2, 3, 4 och 5 har ritats in för att kunna bedöma om kondens sker eller inte för byggnadsdelar med givet U-värde.

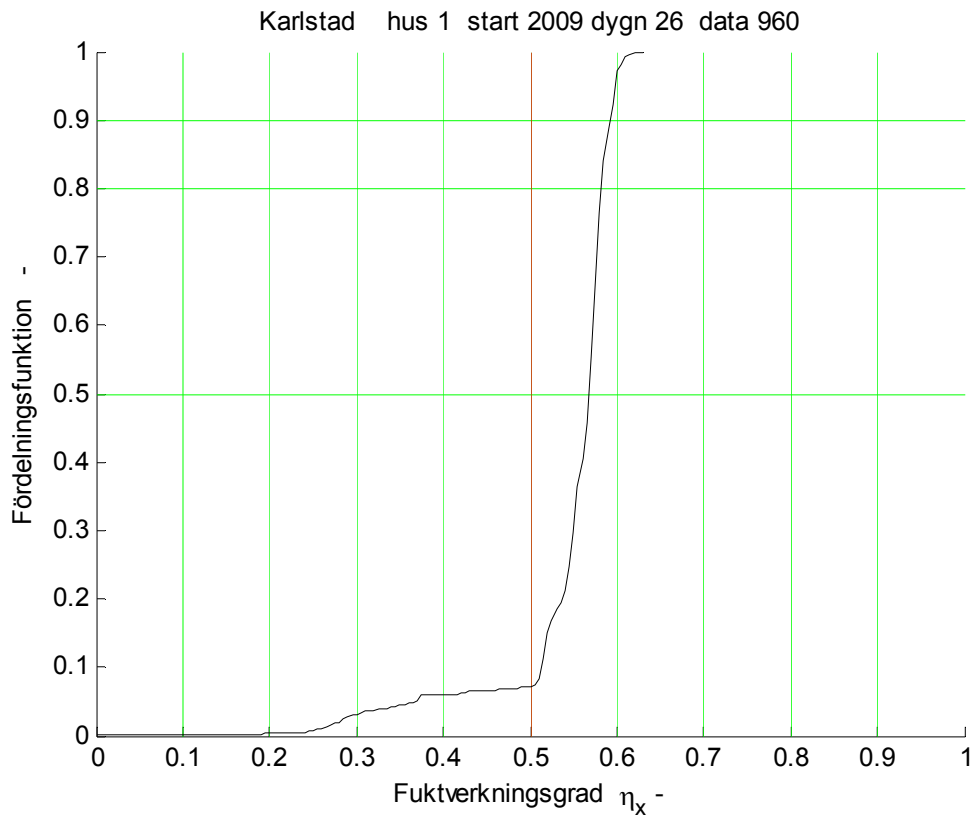
Några kommentarer görs inte här utan i avsnitt 3 med de sammanställande resultattabellerna.



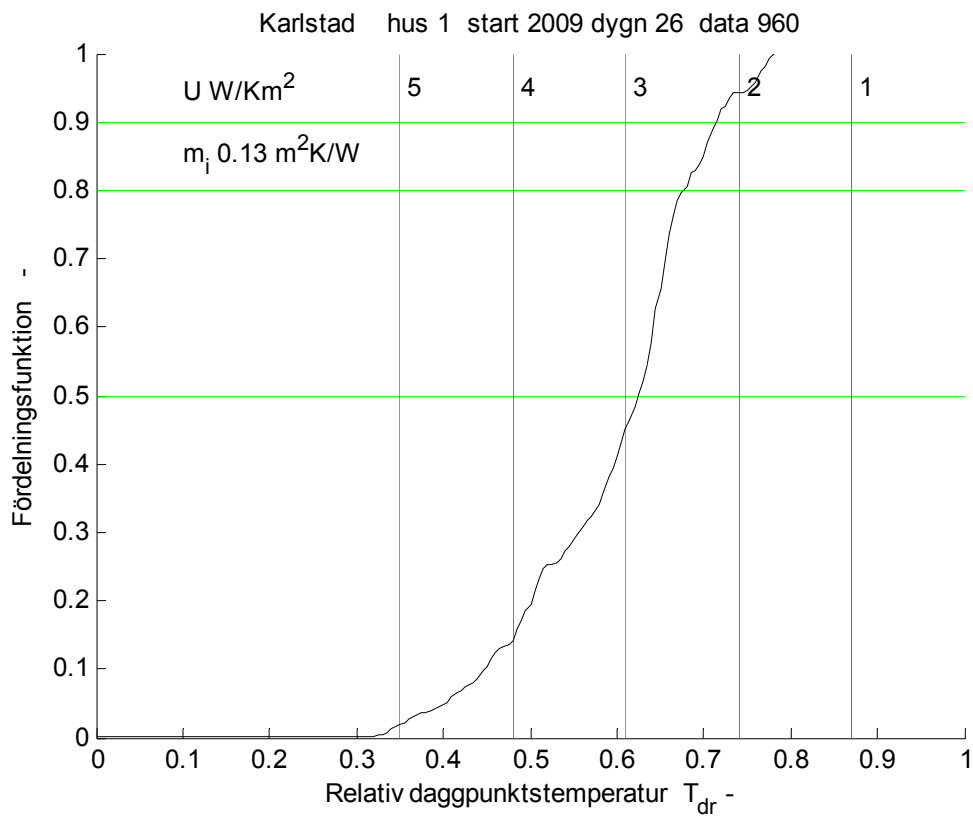
Figur 1.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Karlstad hus 1.



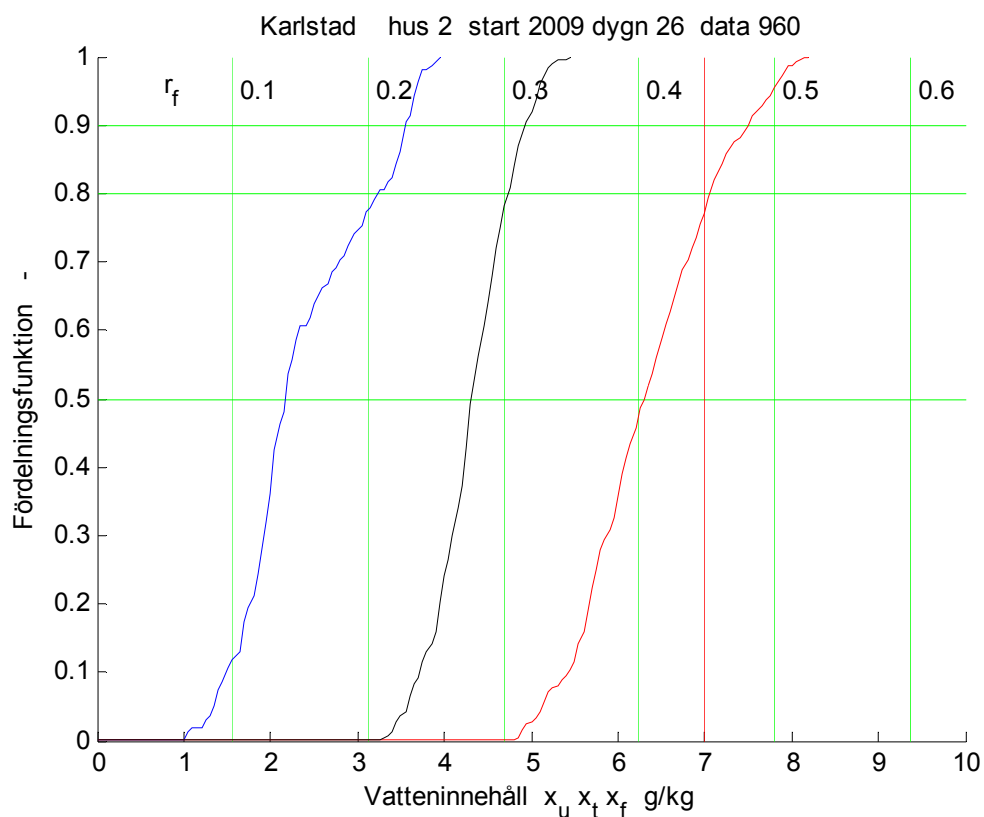
Figur 1.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Karlstad hus 1.



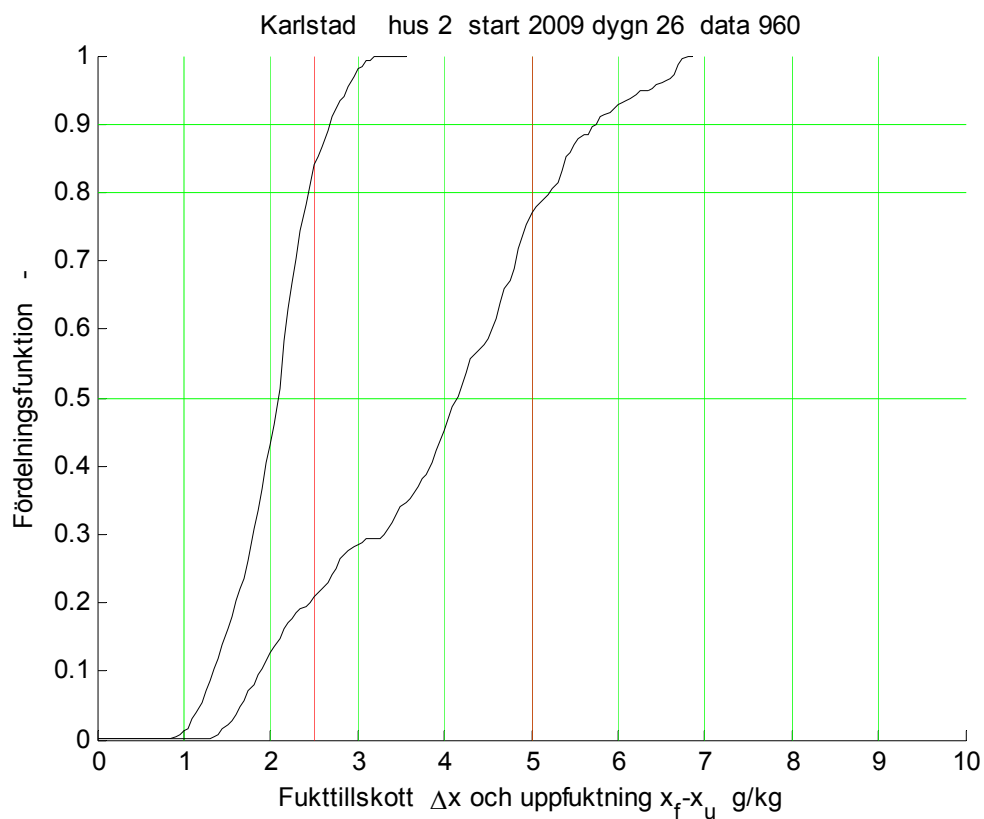
Figur 1.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Karlstad hus 1.



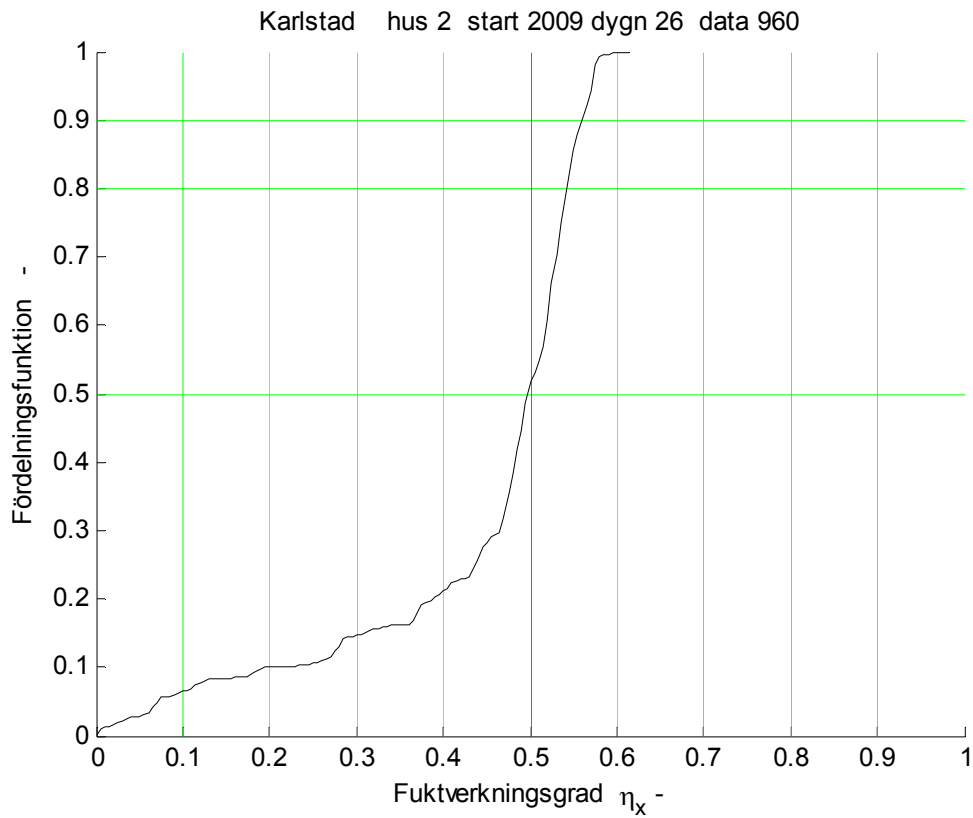
Figur 1.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Karlstad hus 1.



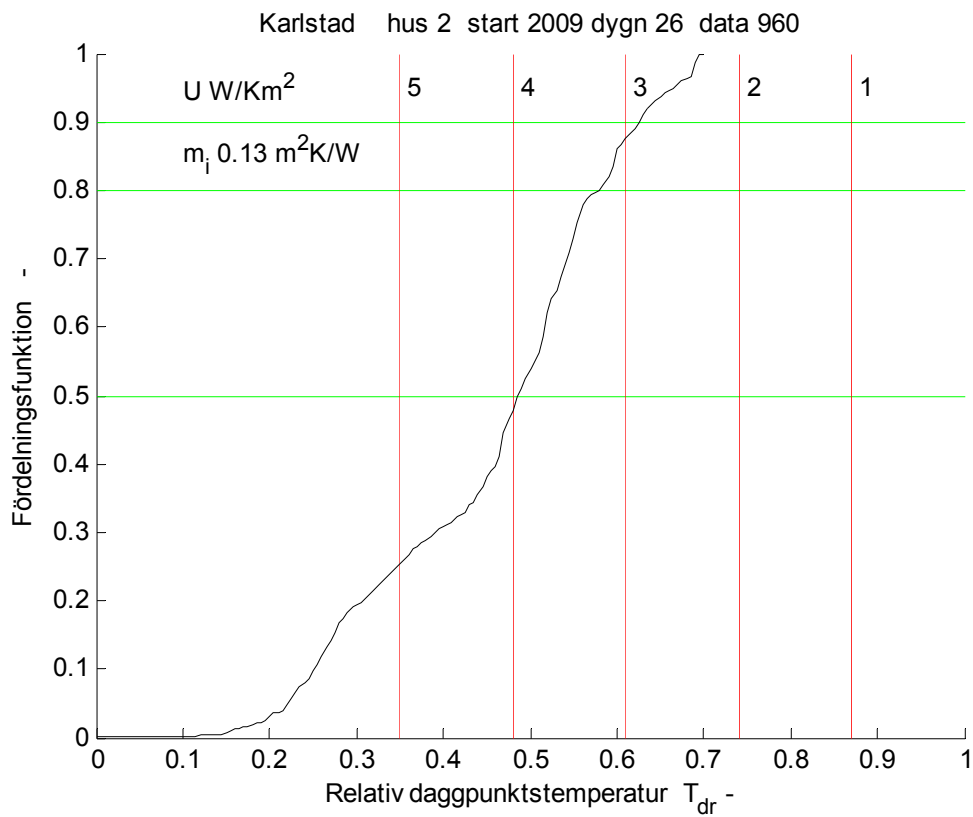
Figur 2.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Karlstad hus 2.



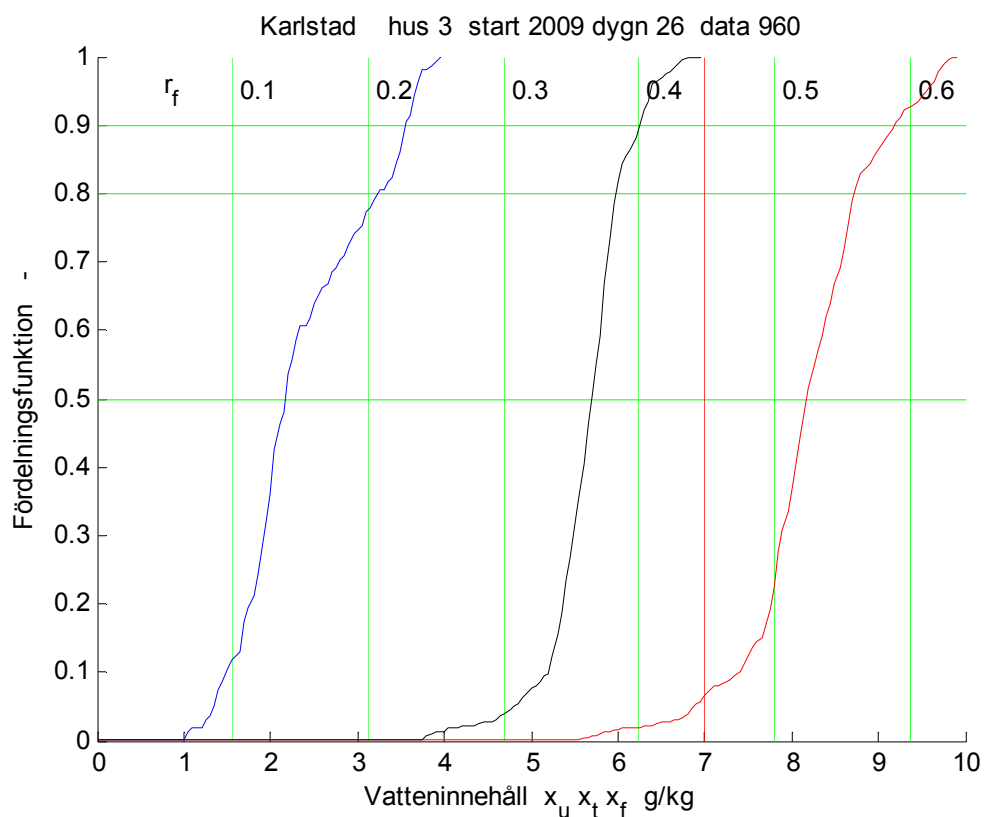
Figur 2.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Karlstad hus 2.



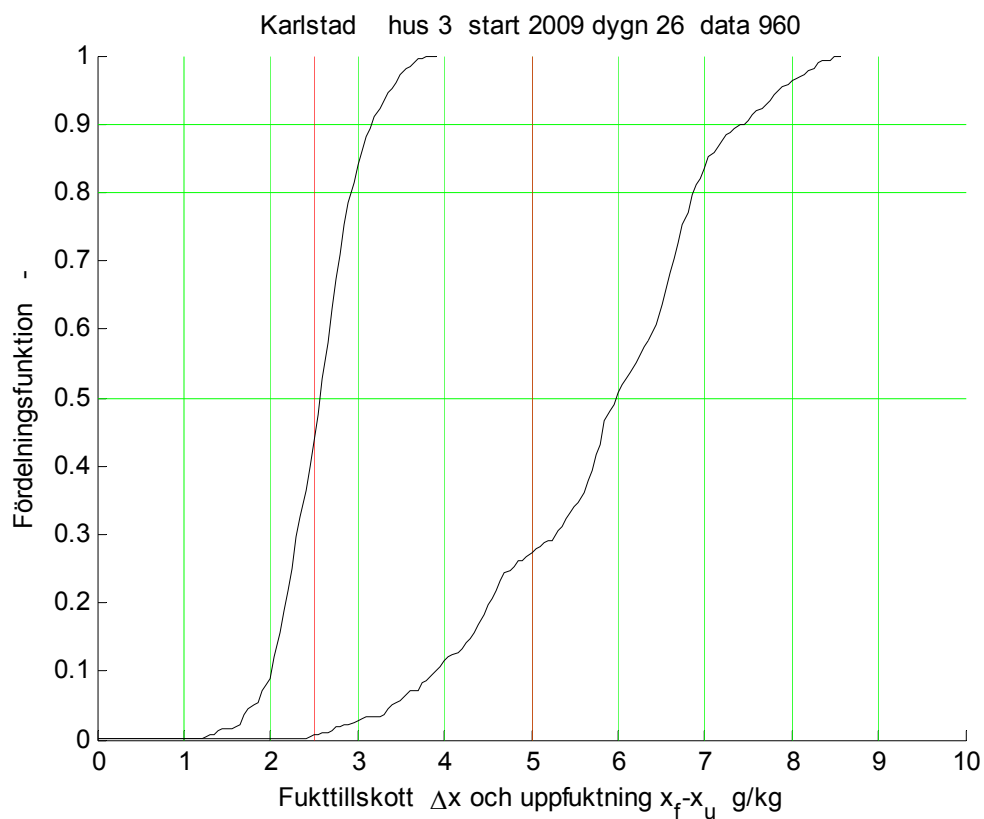
Figur 2.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Karlstad hus 2.



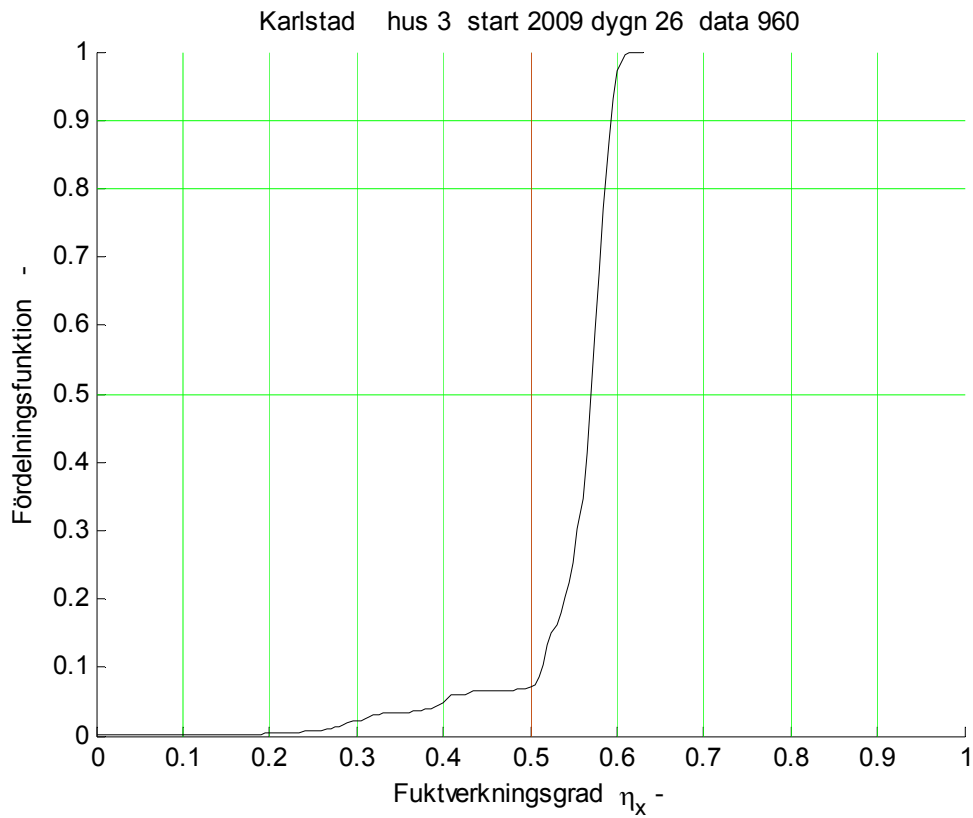
Figur 2.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Karlstad hus 2.



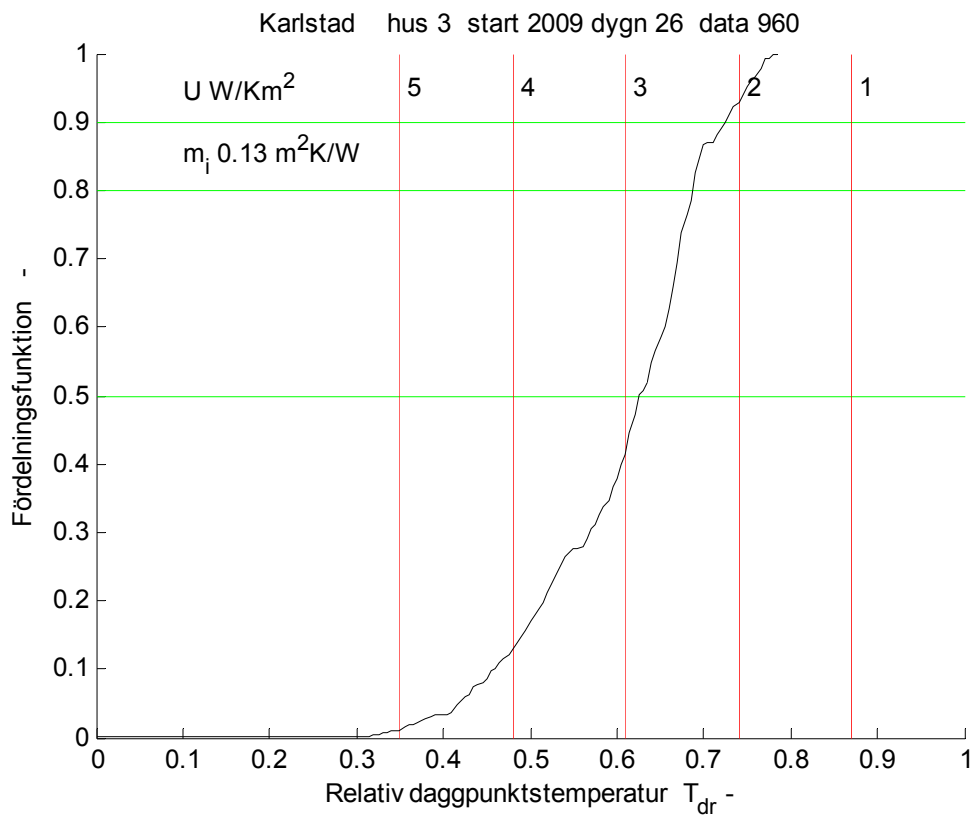
Figur 3.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Karlstad hus 3.



Figur 3.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Karlstad hus 3.

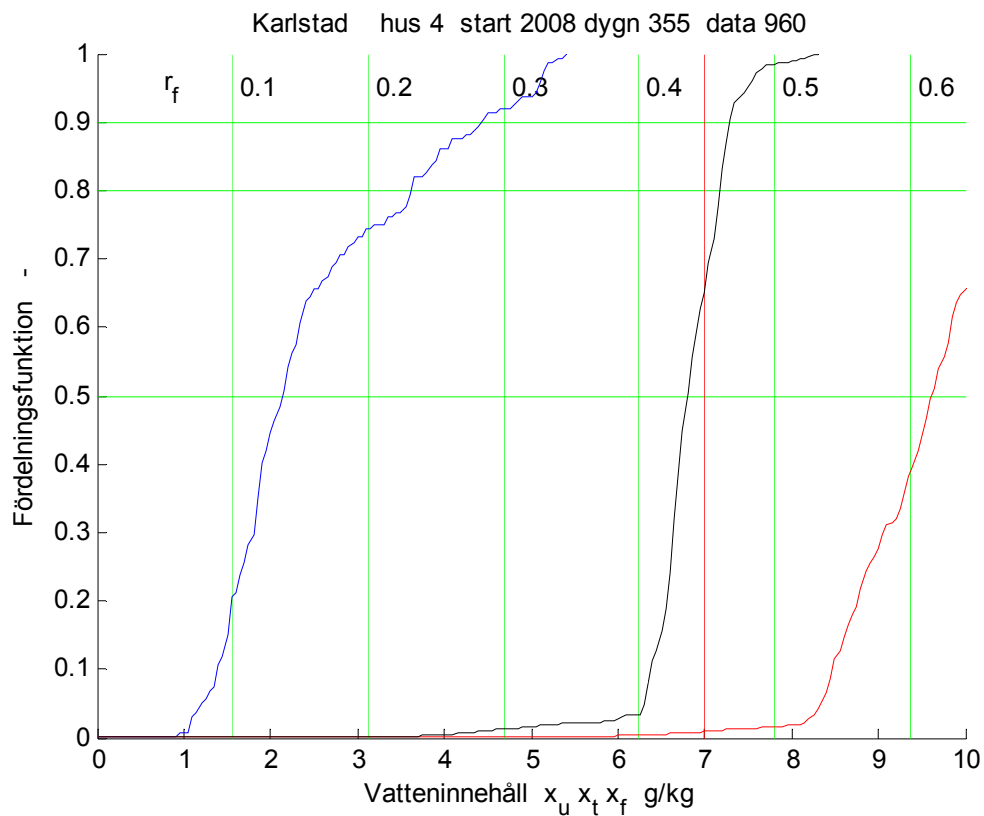


Figur 3.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Karlstad hus 3.

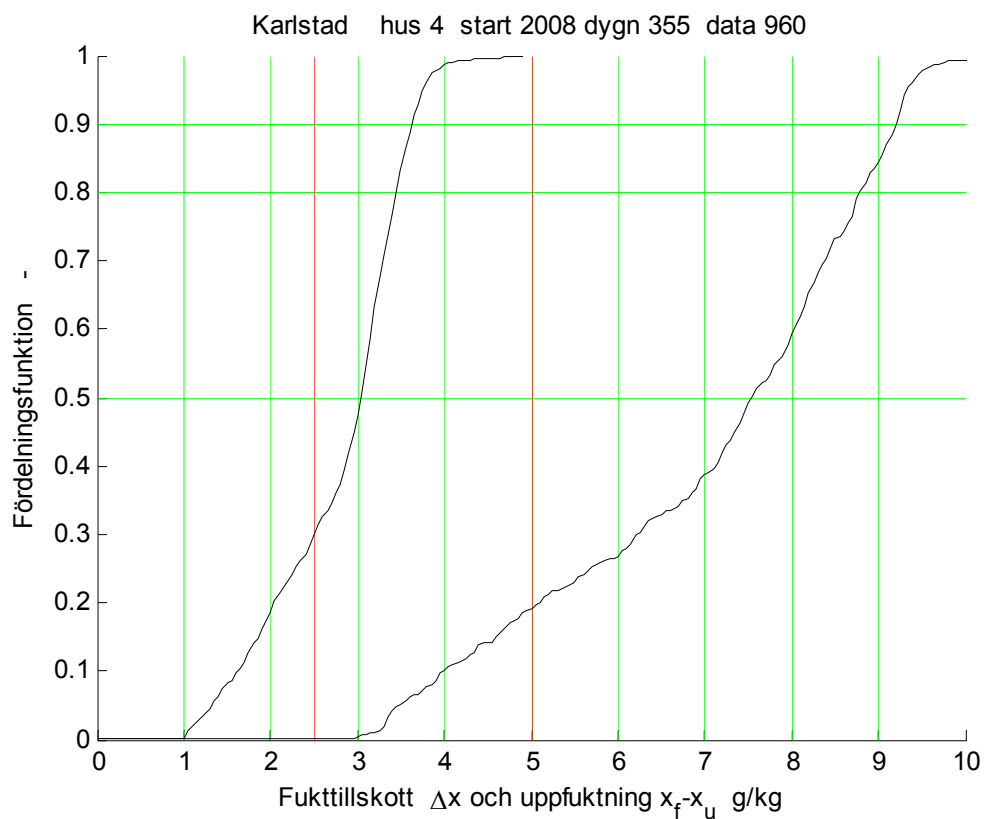


Figur 3.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Karlstad hus 3

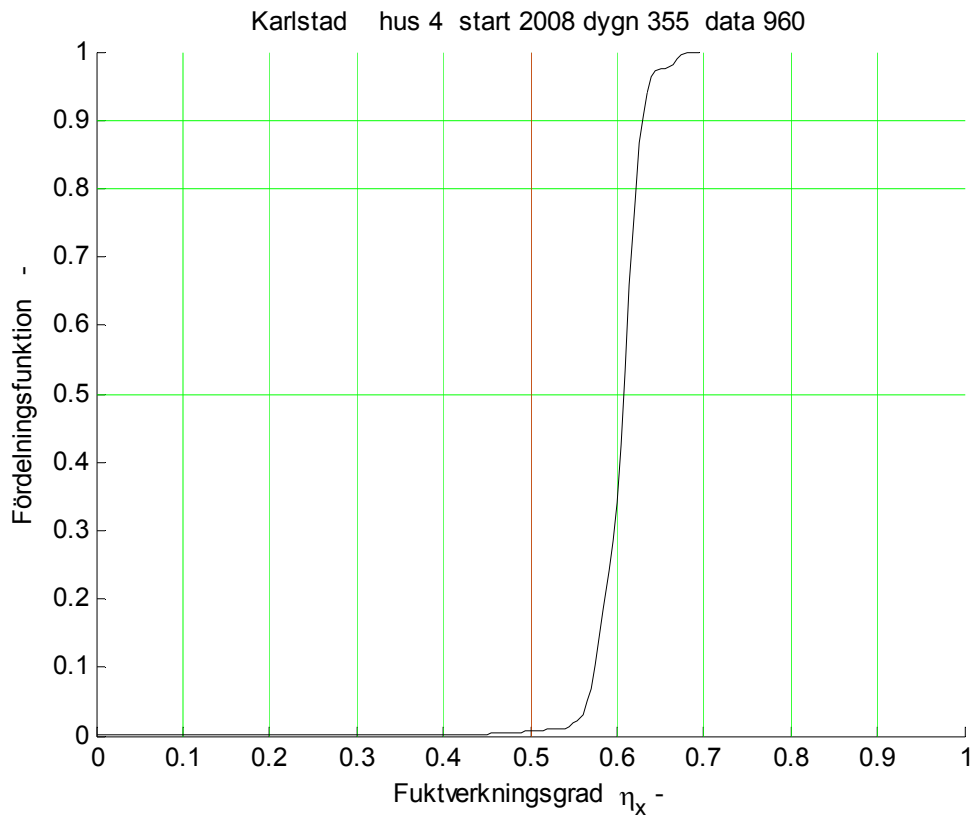




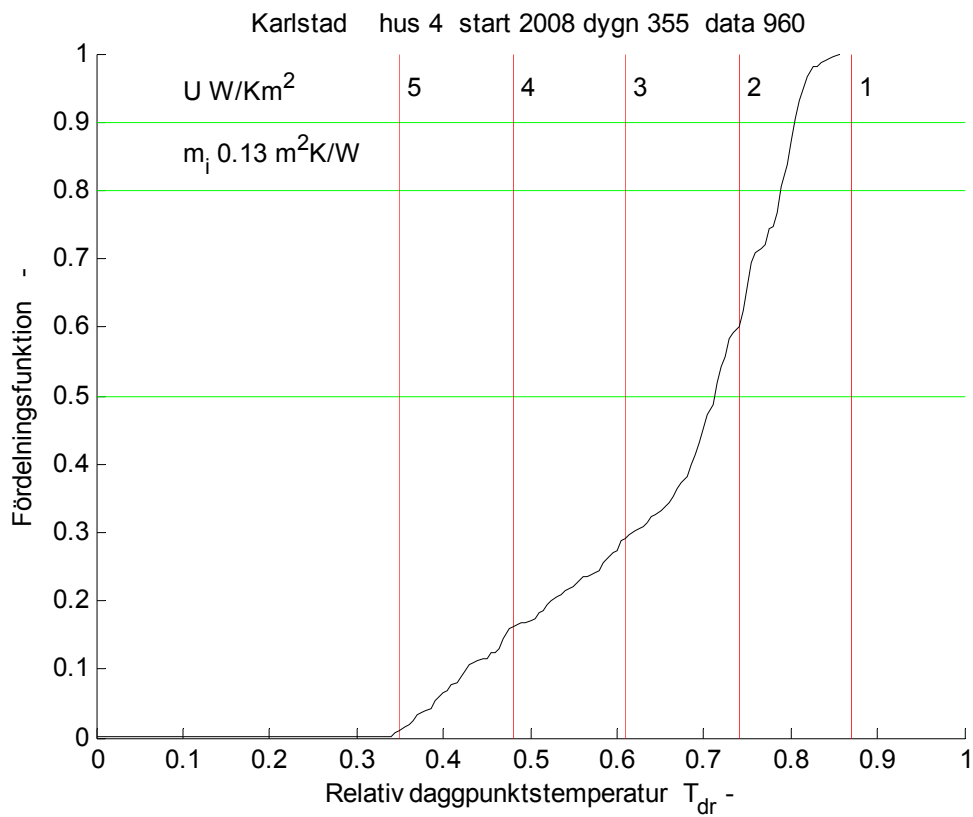
Figur 4.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Karlstad hus 4.



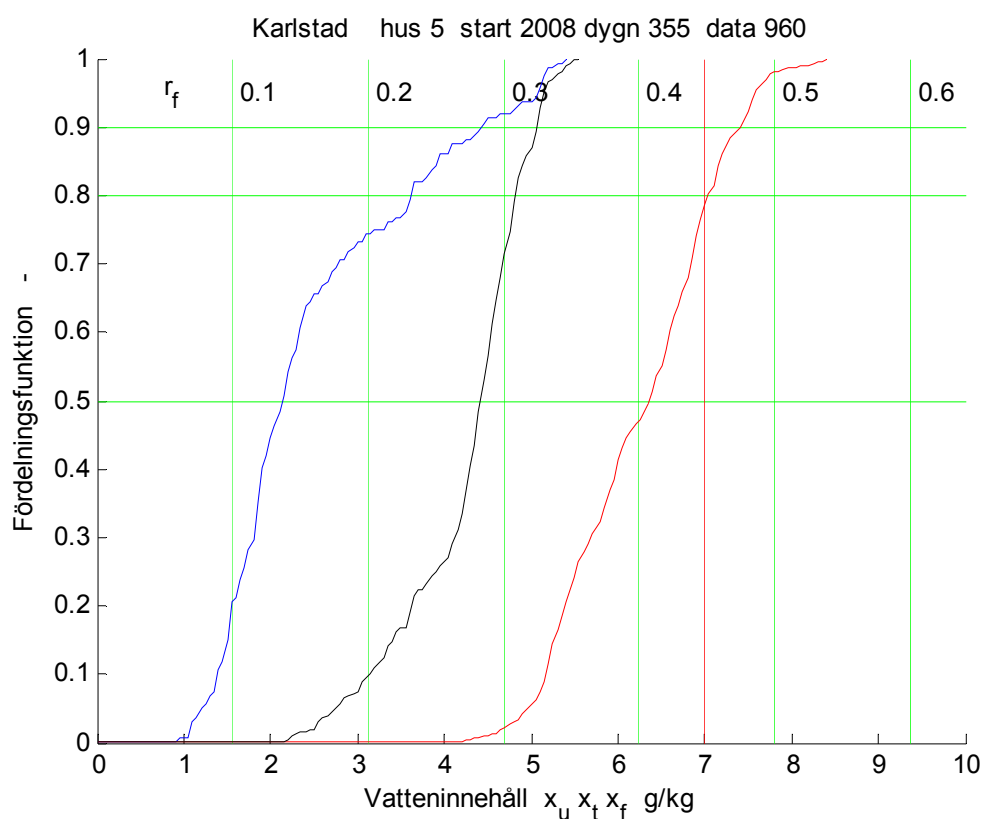
Figur 4.2 Fördelningsfunktion för fuktillskott och uppfuktning g/kg Karlstad hus 4.



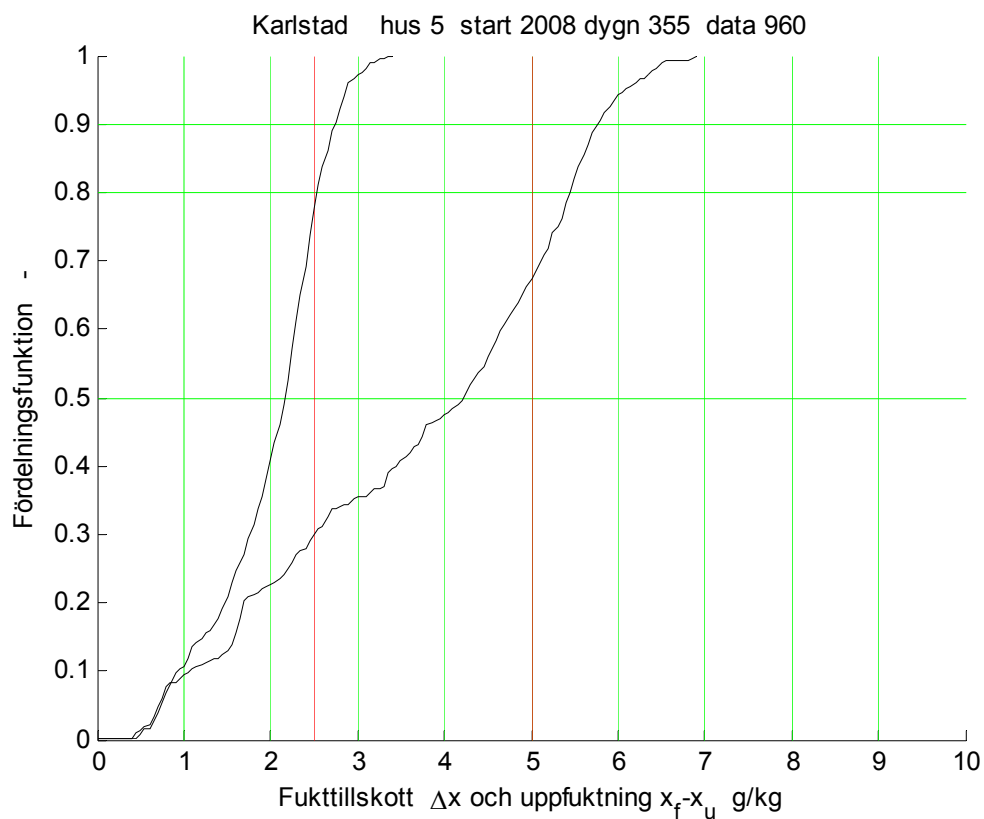
Figur 4.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Karlstad hus 4.



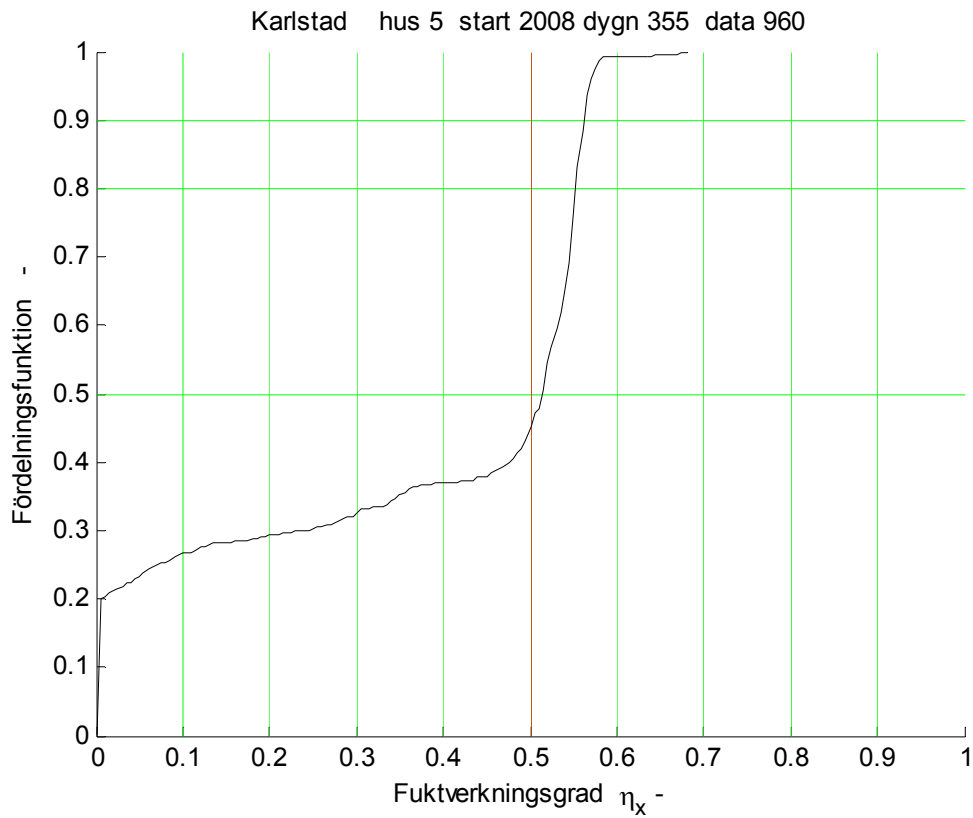
Figur 4.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Karlstad hus 4



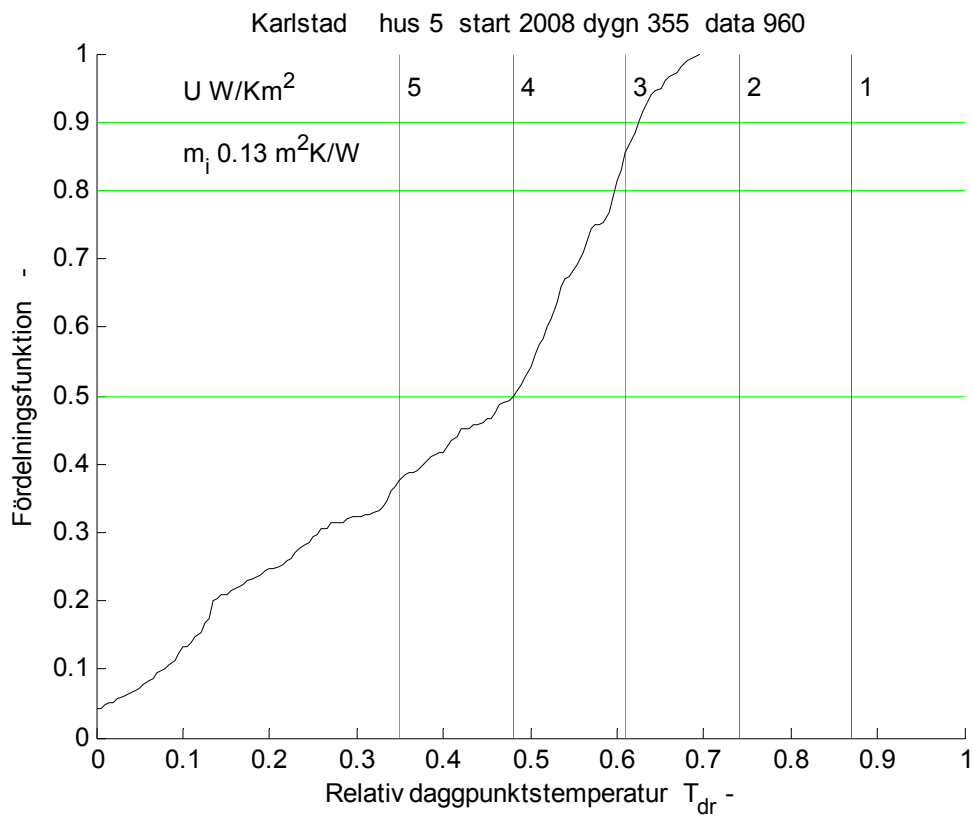
Figur 5.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Karlstad hus 5.



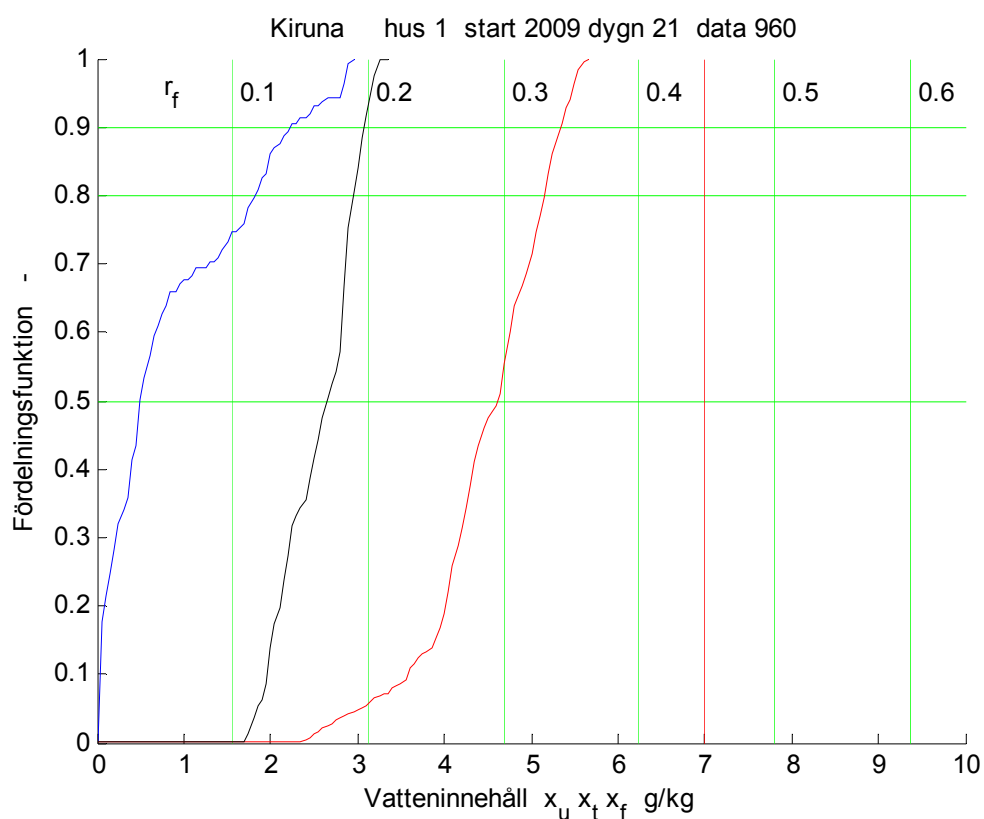
Figur 5.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Karlstad hus 5.



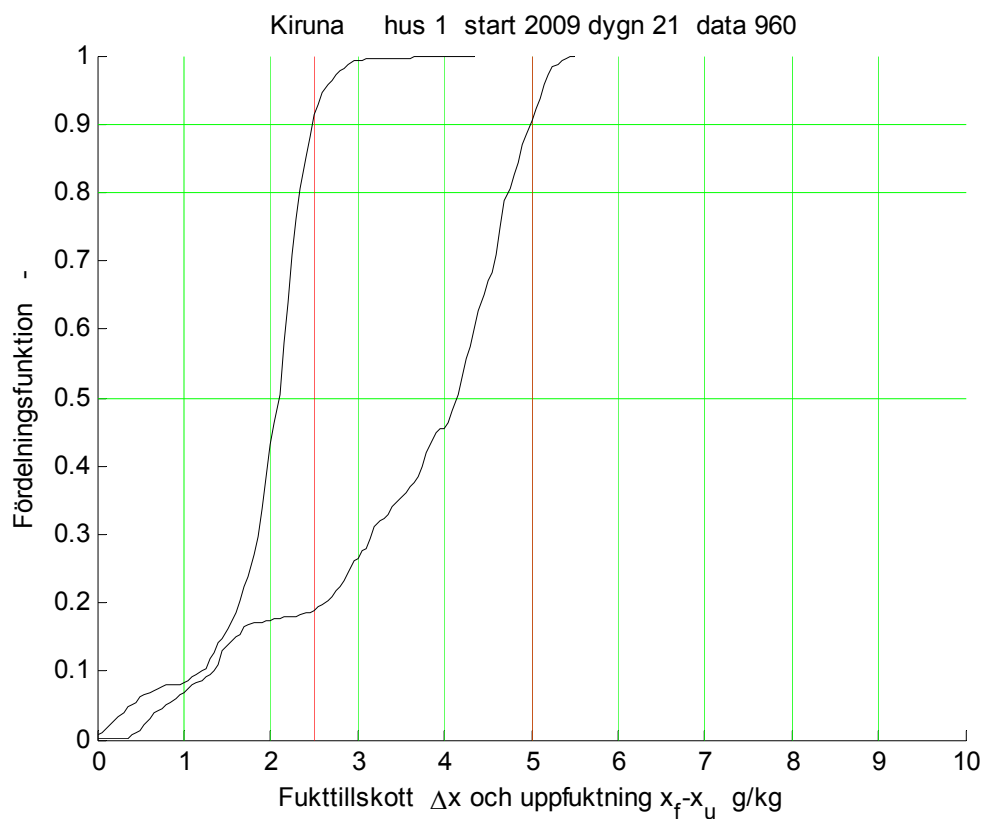
Figur 5.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Karlstad hus 5.



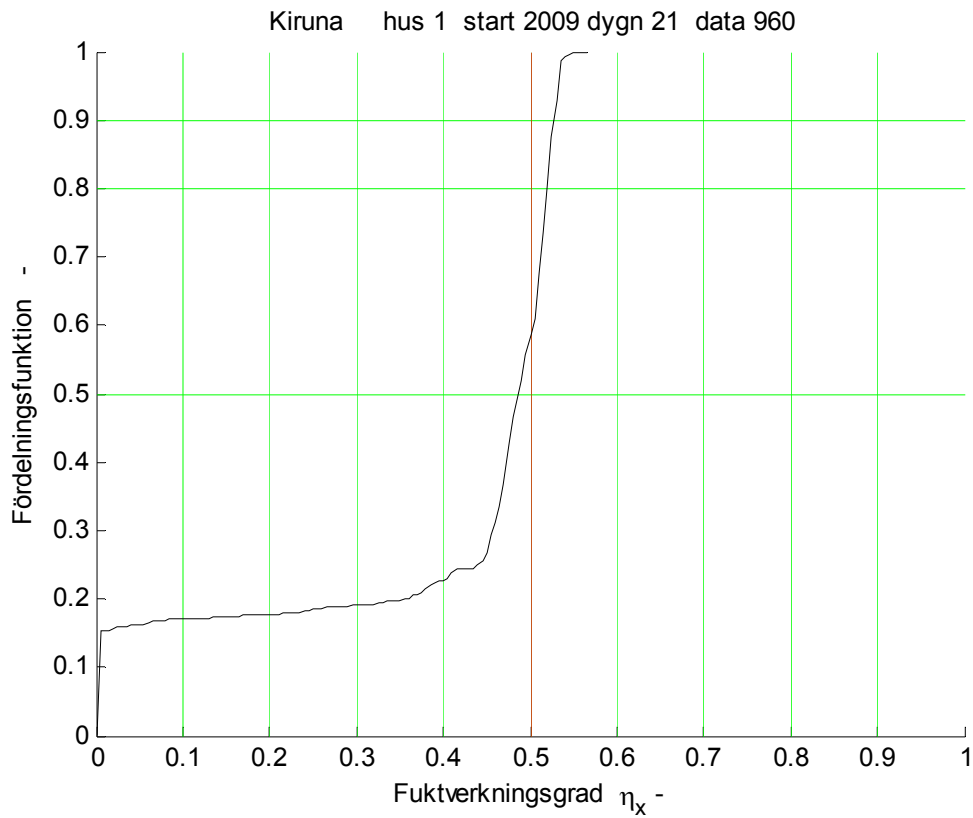
Figur 5.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Karlstad hus 5



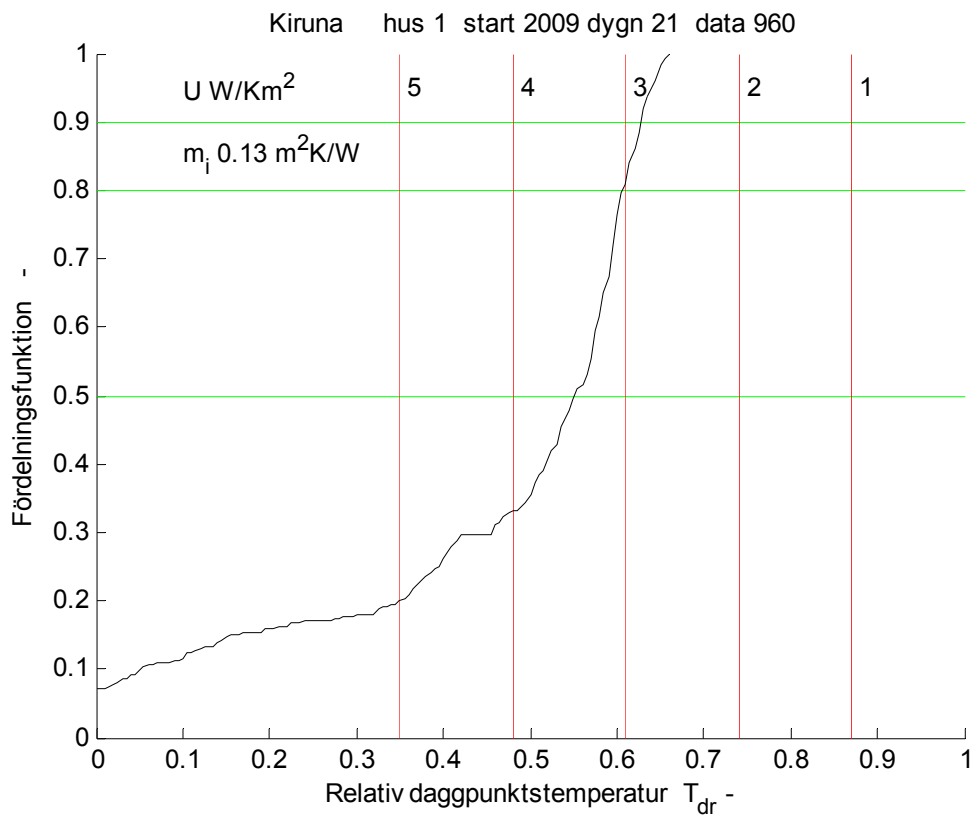
Figur 6.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Kiruna hus 1.



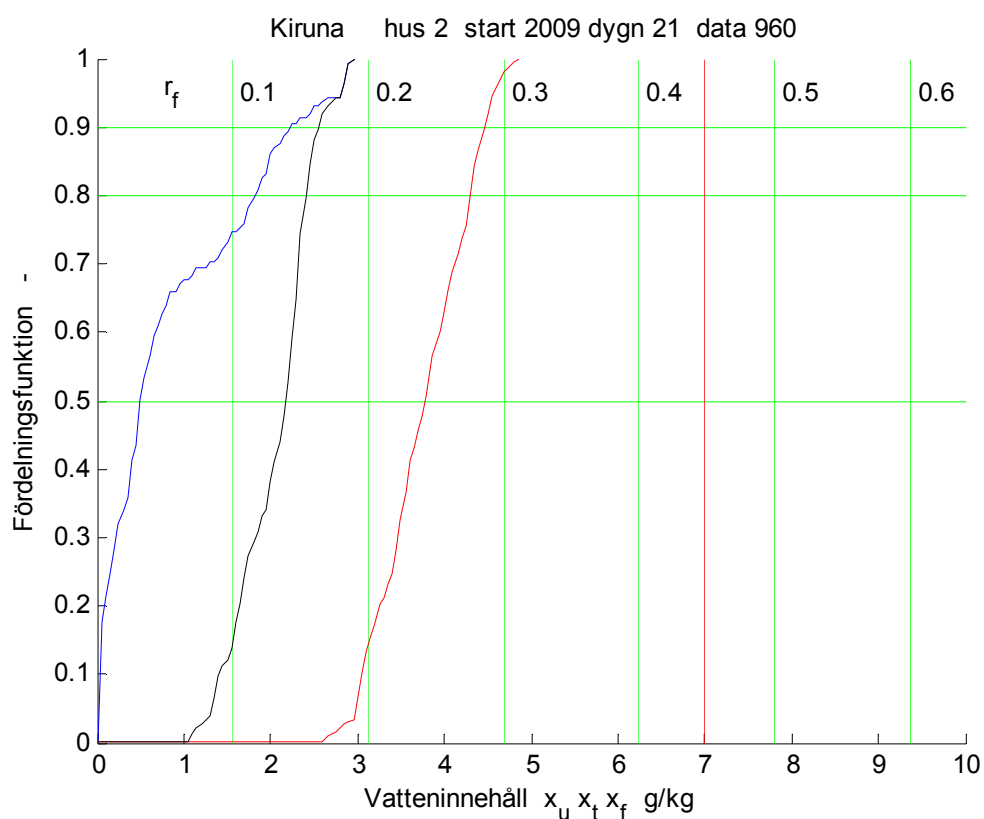
Figur 6.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Kiruna hus 1



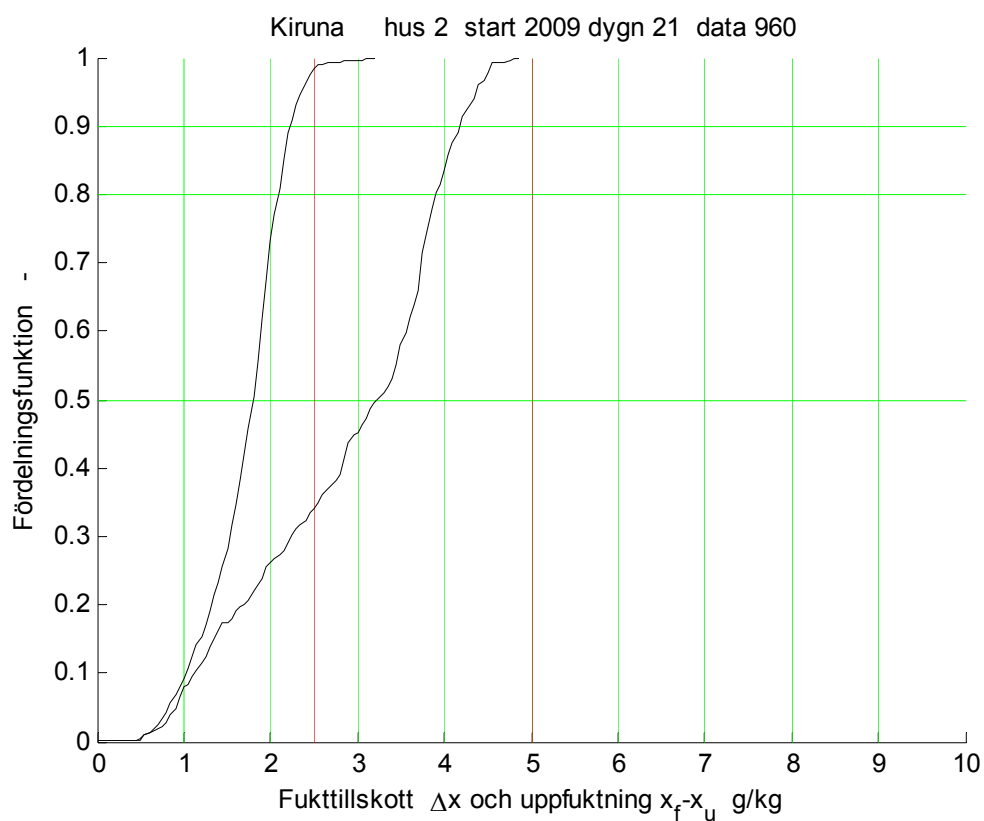
Figur 6.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Kiruna hus 1.



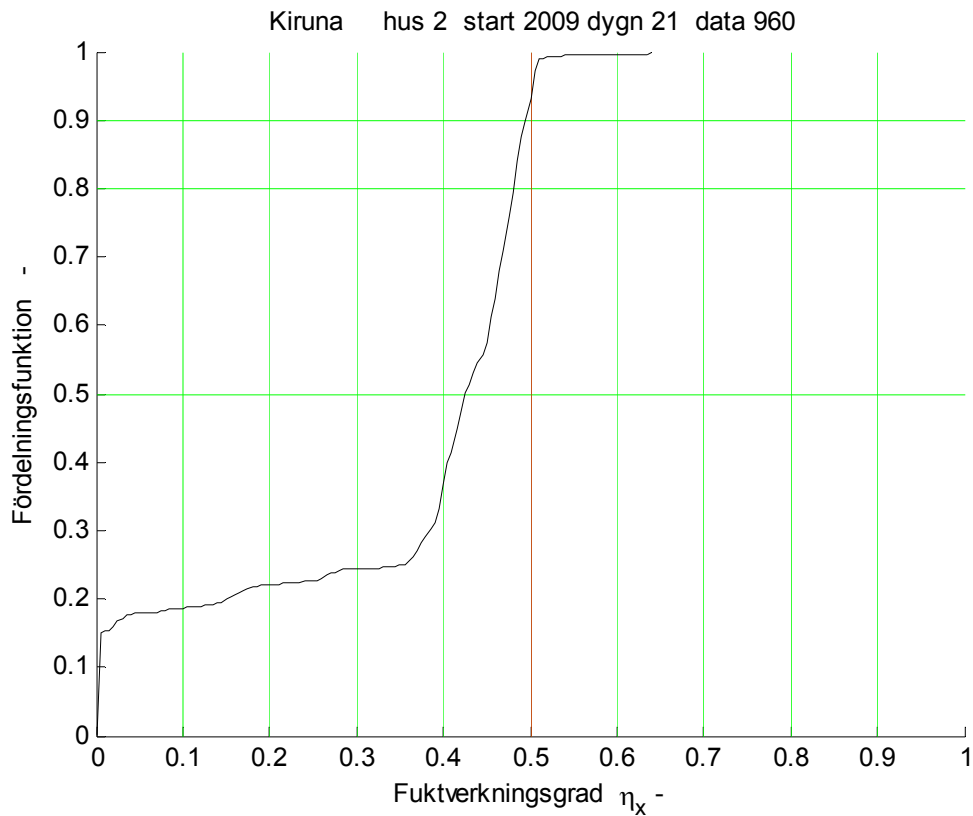
Figur 6.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Kiruna hus 1.



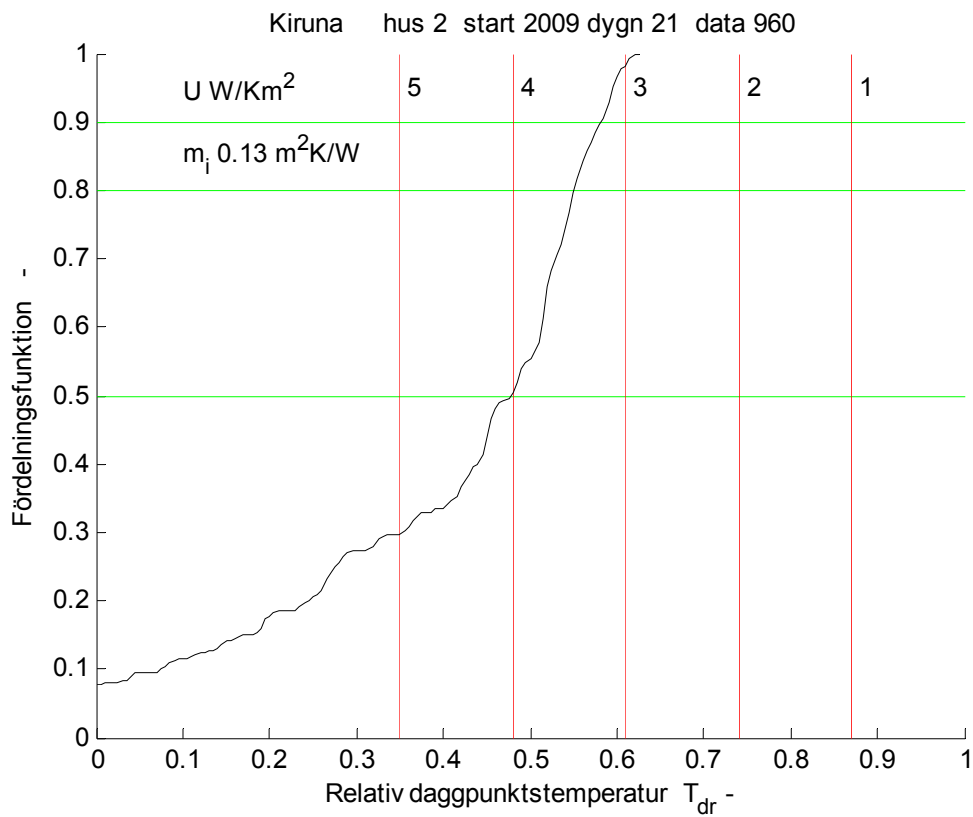
Figur 7.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Kiruna hus 2.



Figur 7.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Kiruna hus 2.

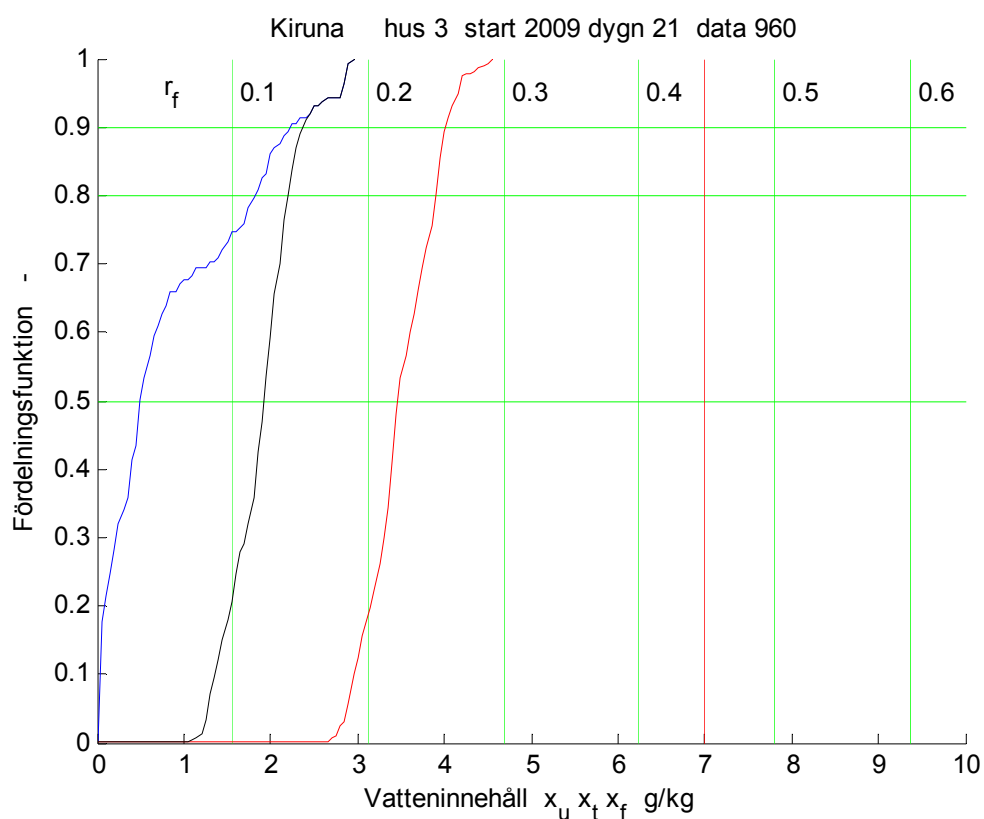


Figur 7.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Kiruna hus 2.

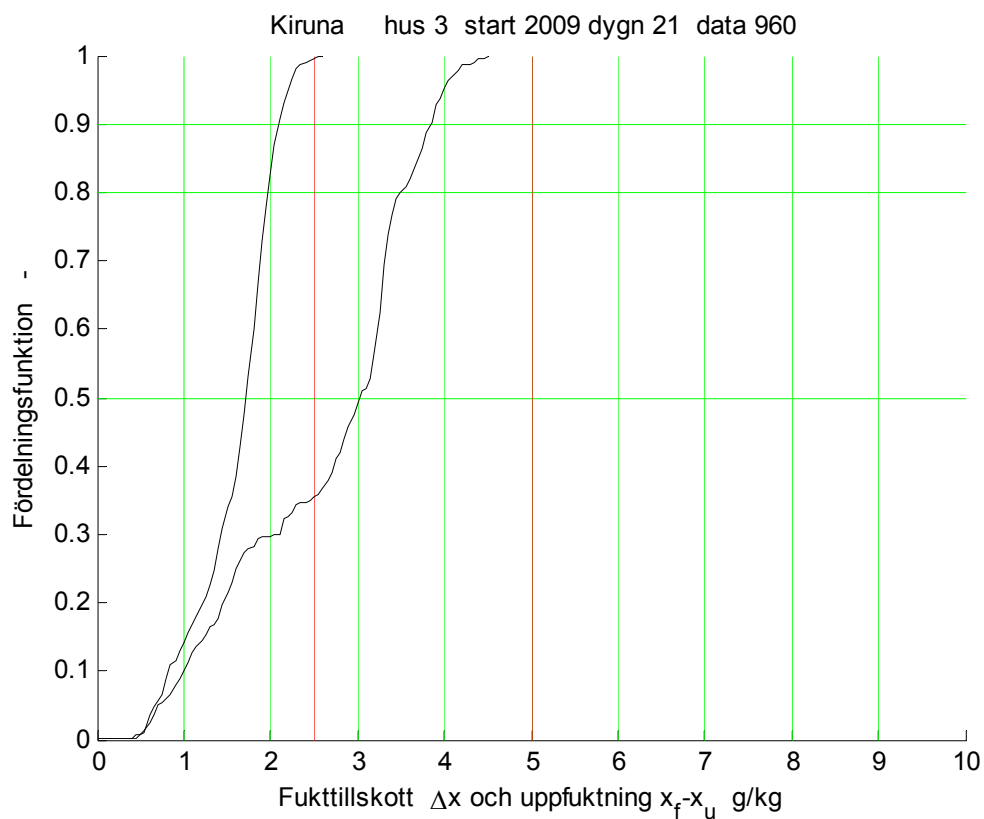


Figur 7.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Kiruna hus 2.

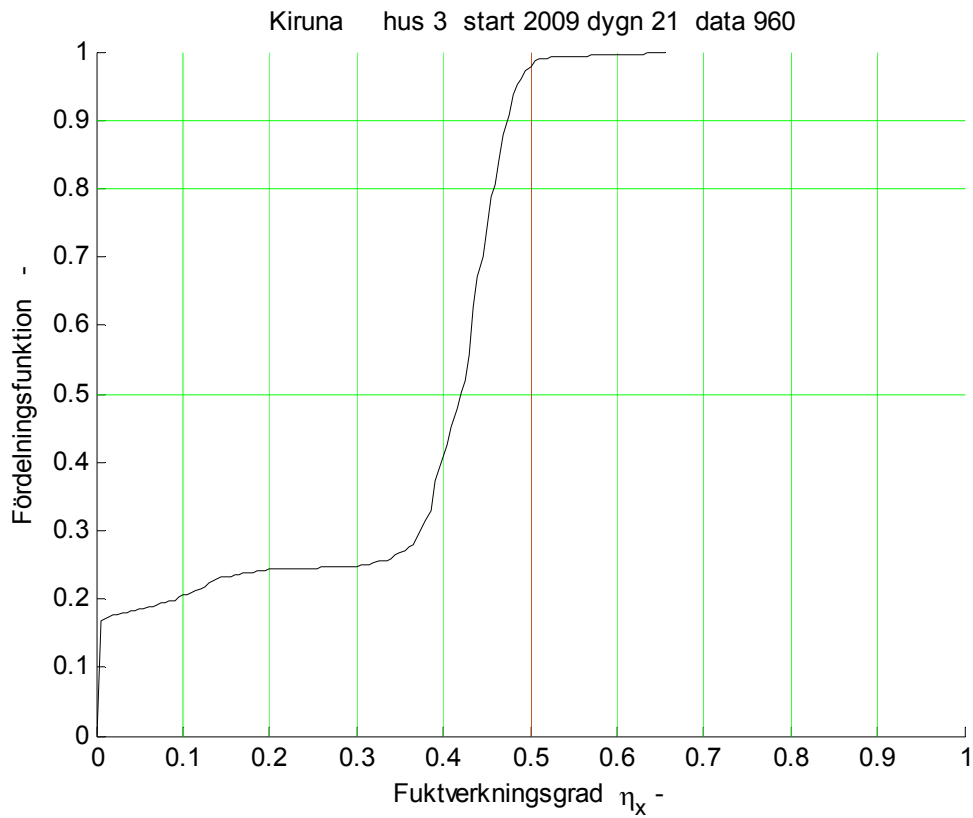




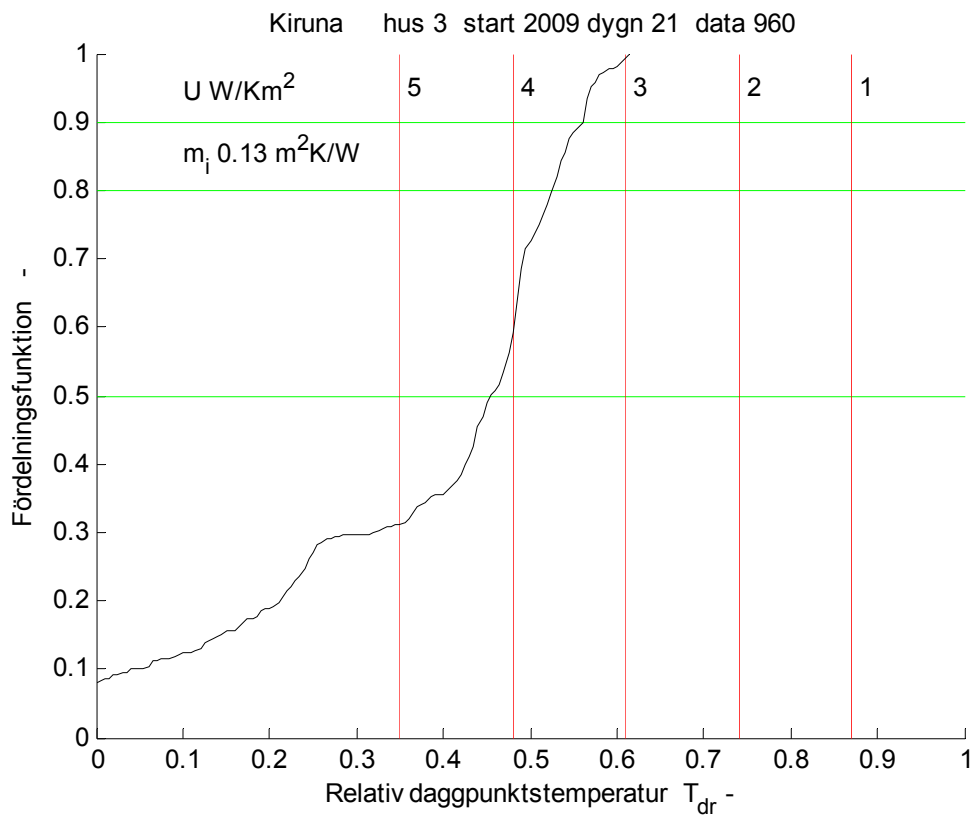
Figur 8.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Kiruna hus 3.



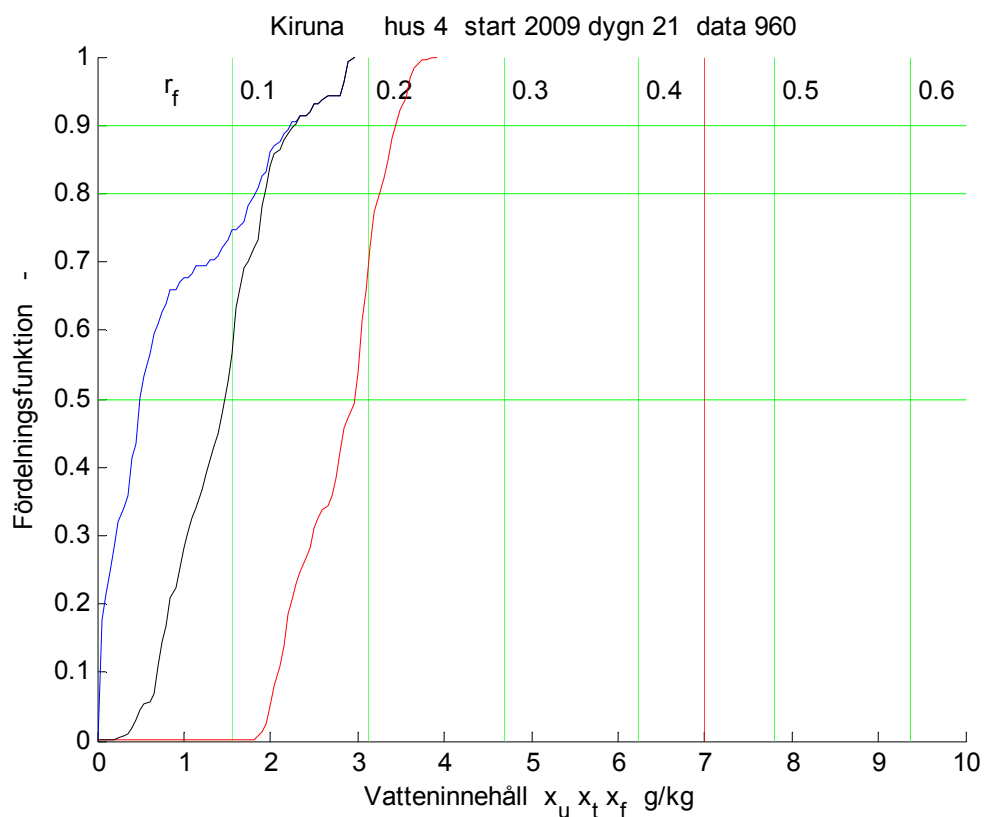
Figur 8.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Kiruna hus 3.



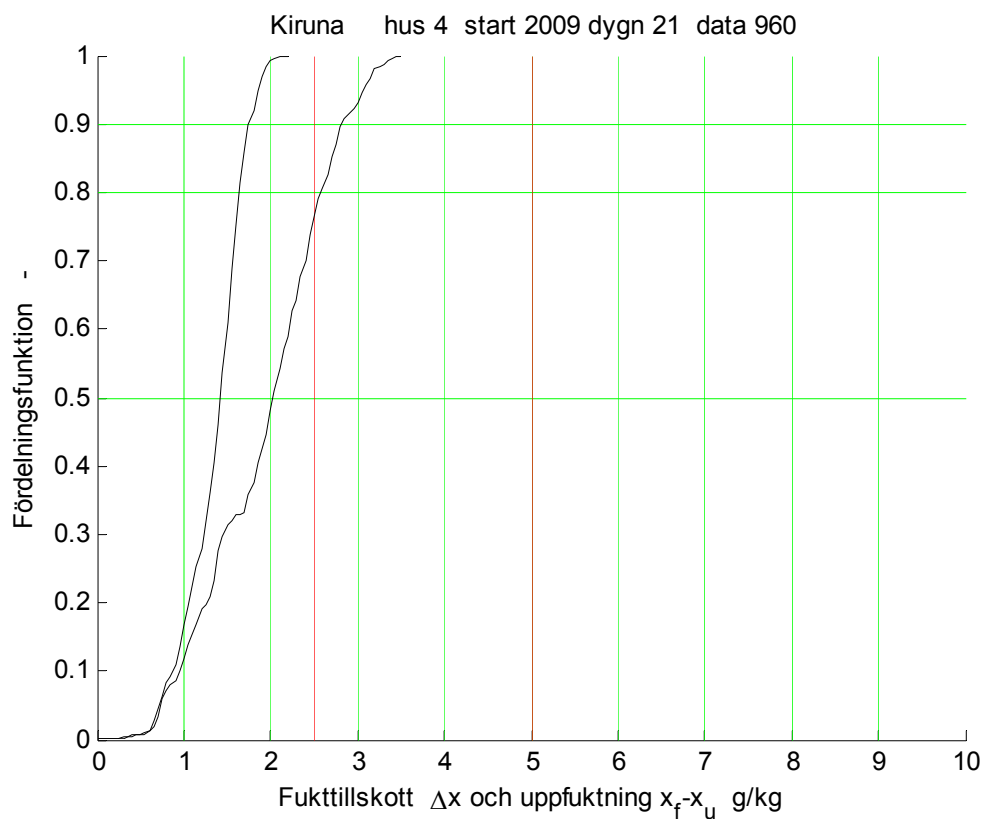
Figur 8.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Kiruna hus 3.



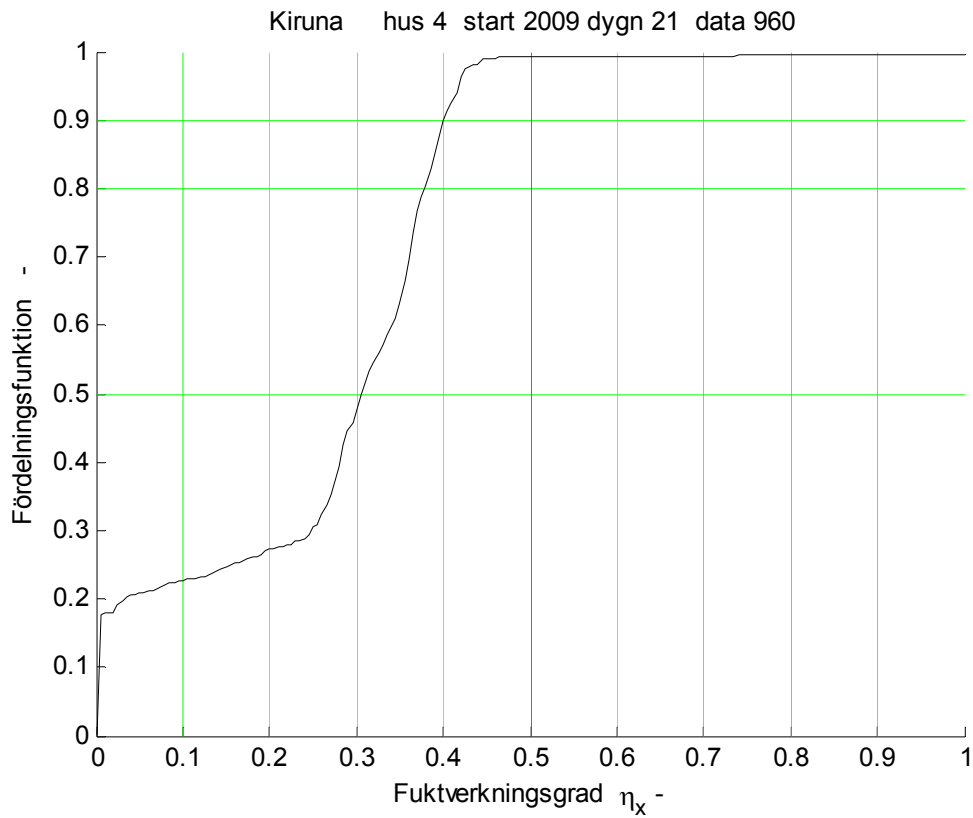
Figur 8.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Kiruna hus 3.



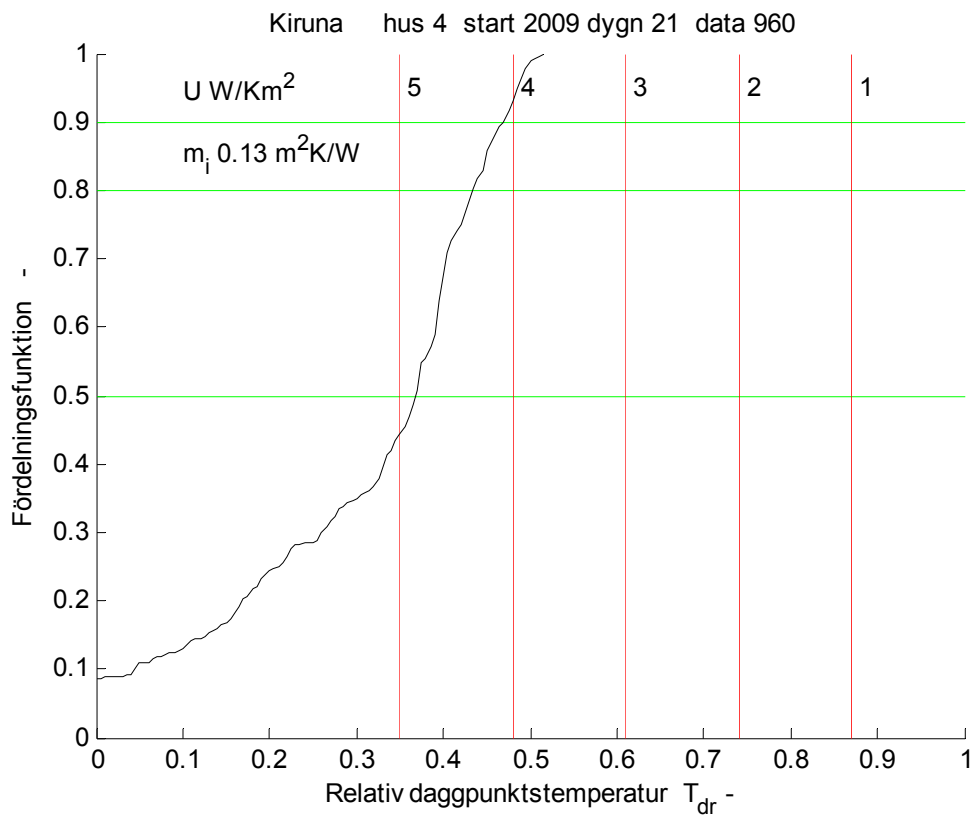
Figur 10.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Kiruna hus 5.



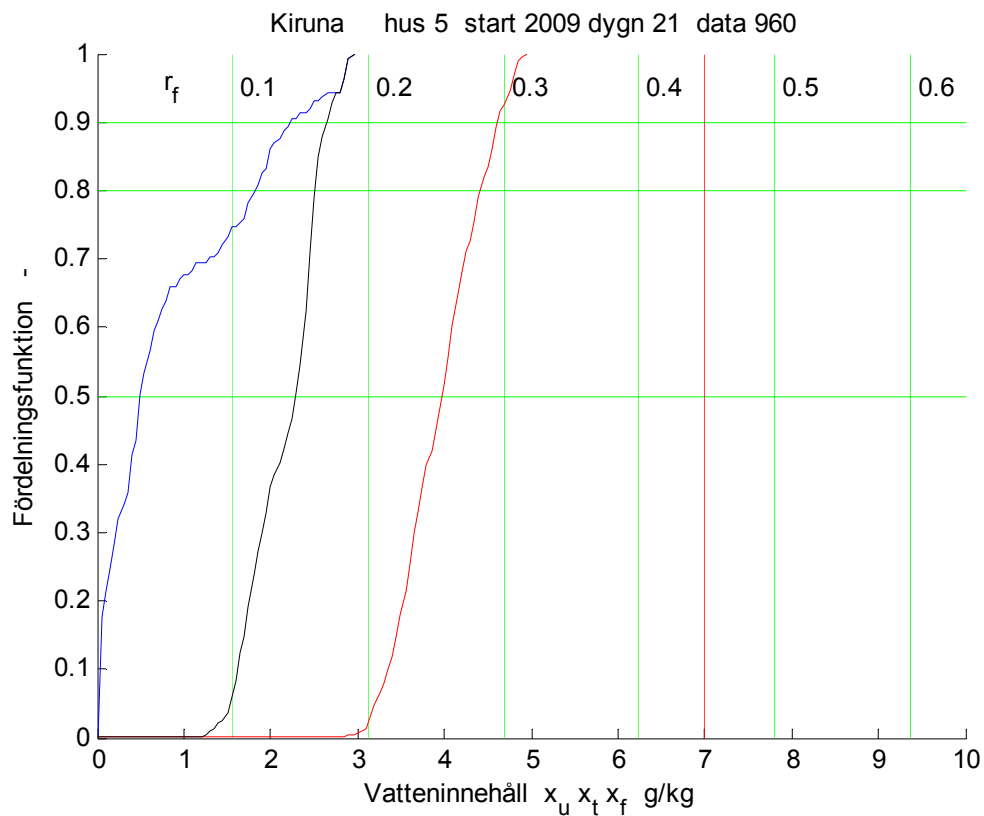
Figur 10.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Kiruna hus 5



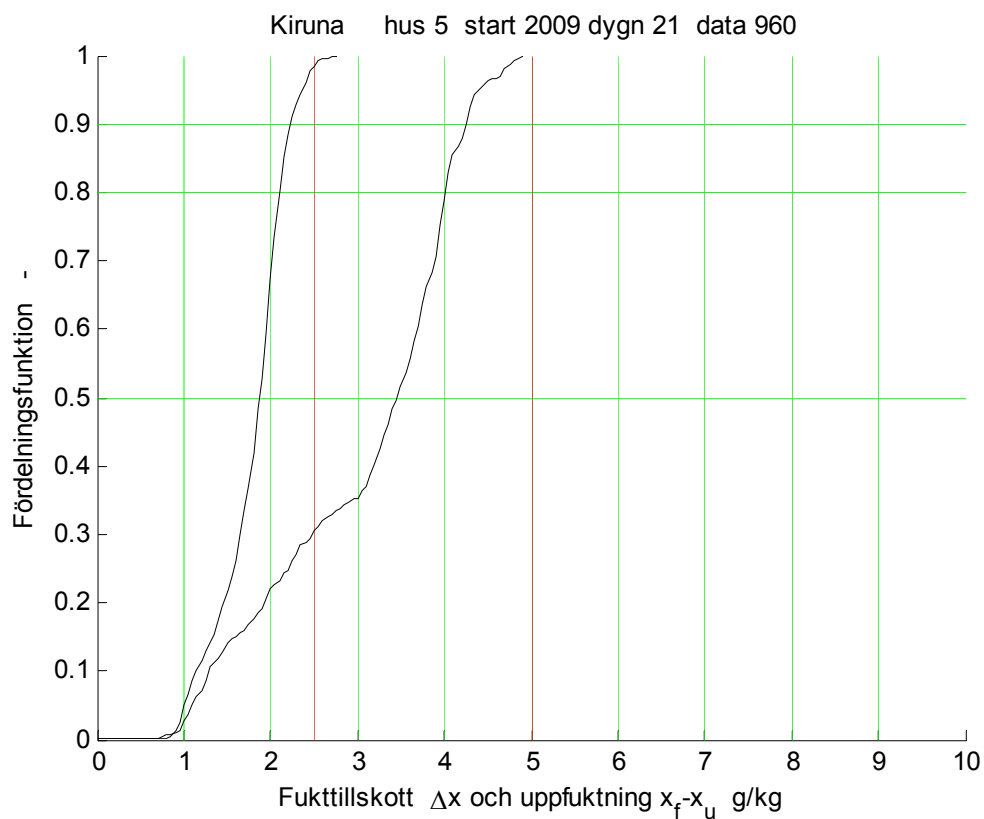
Figur 9.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Kiruna hus 4.



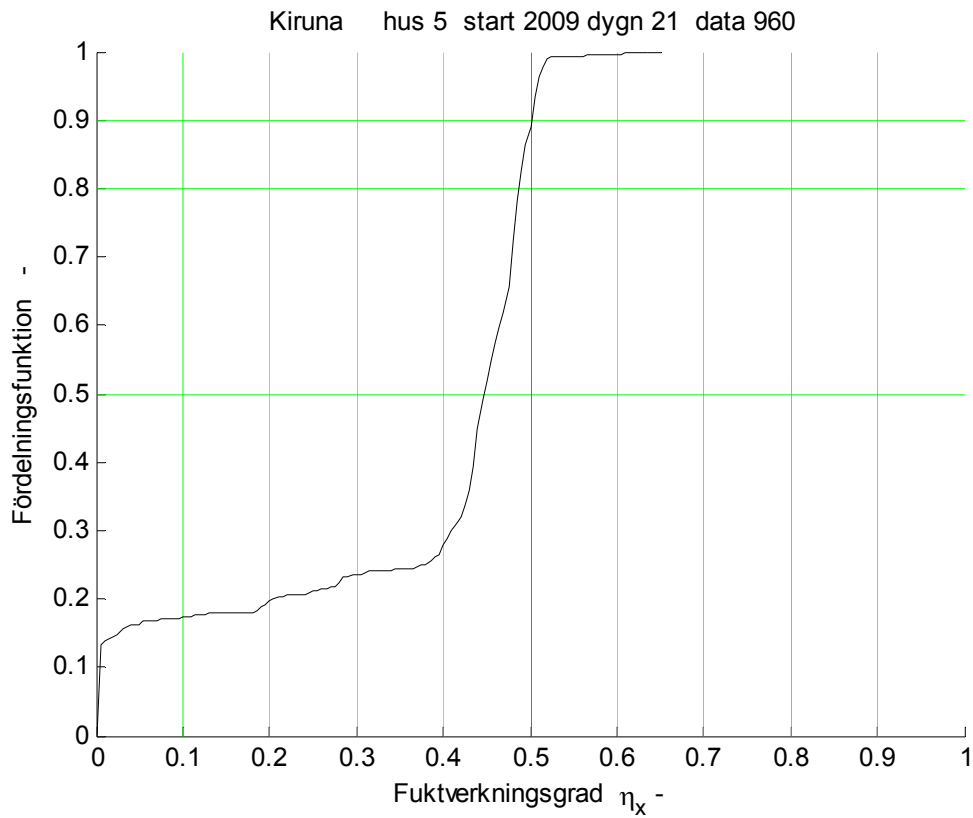
Figur 9.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Kiruna hus 4



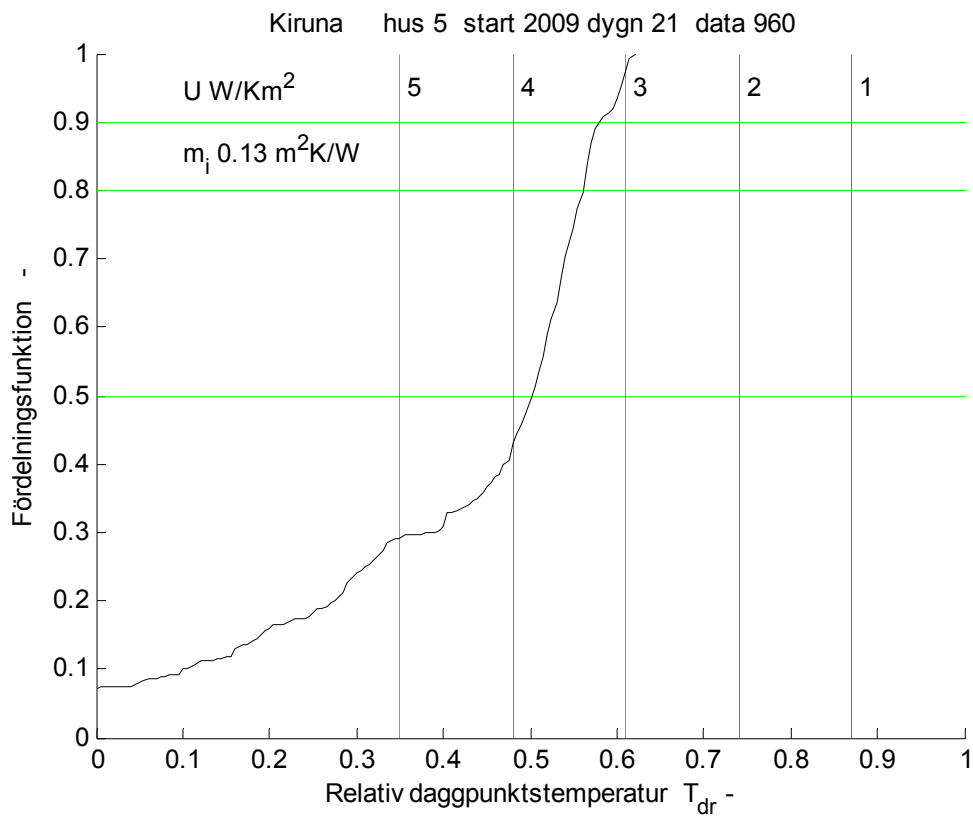
Figur 10.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Kiruna hus 5.



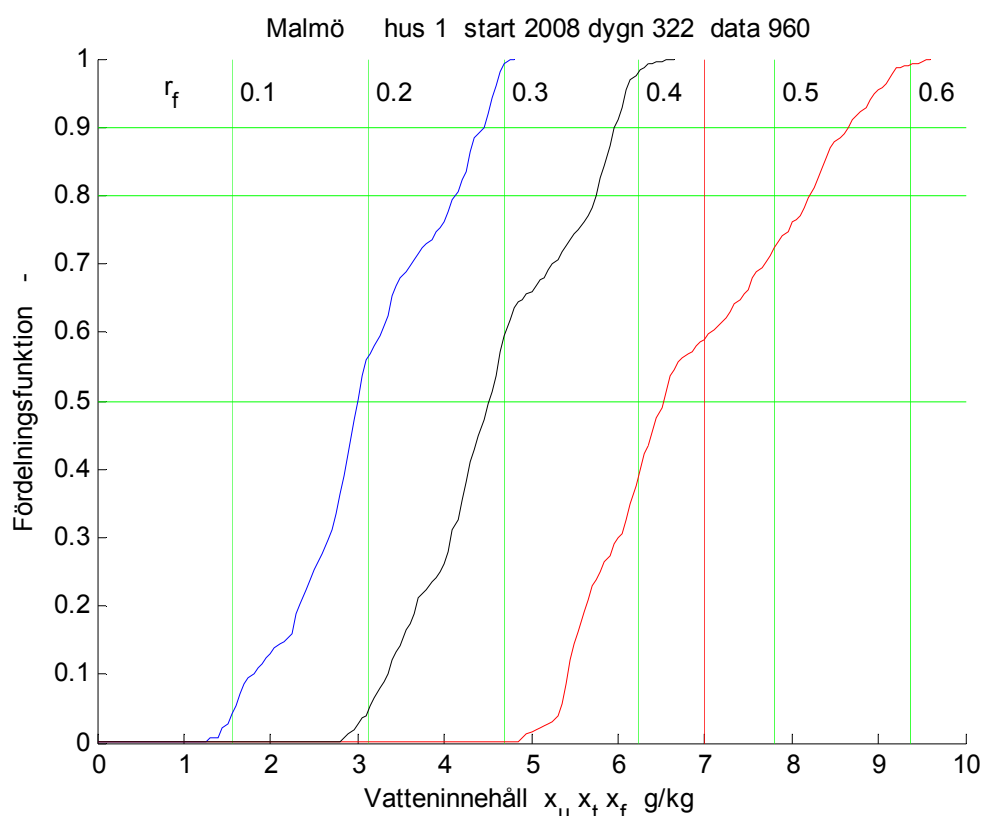
Figur 10.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Kiruna hus 5



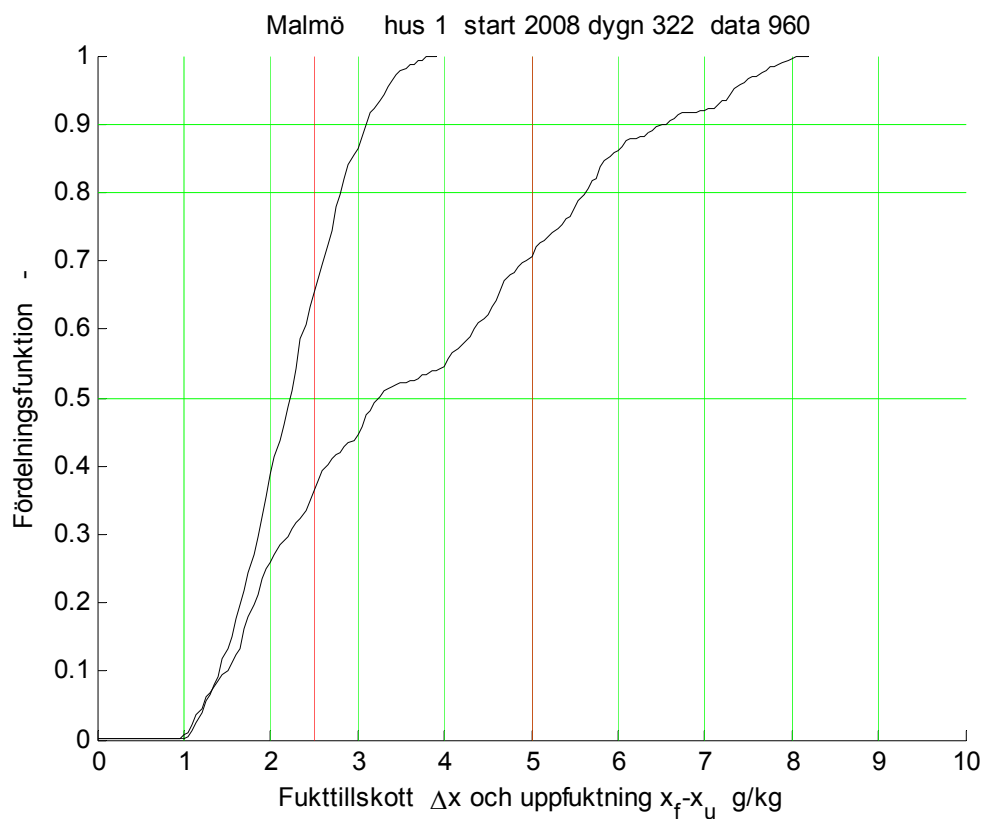
Figur 10.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Kiruna hus 5.



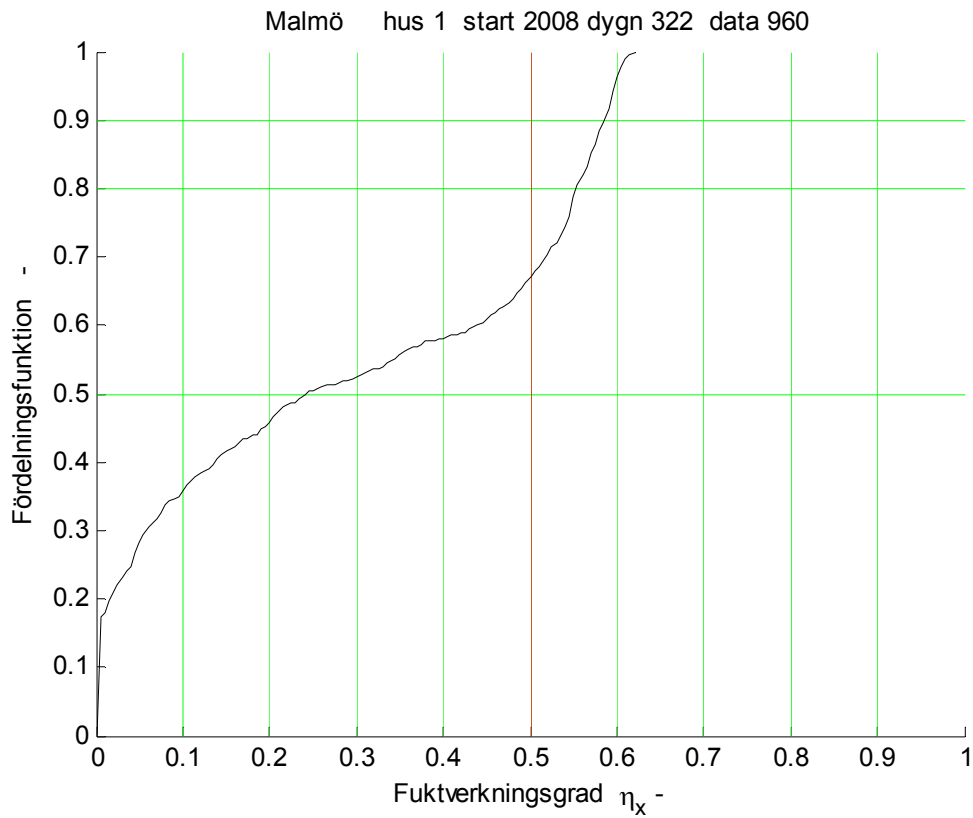
Figur 10.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Kiruna hus 5



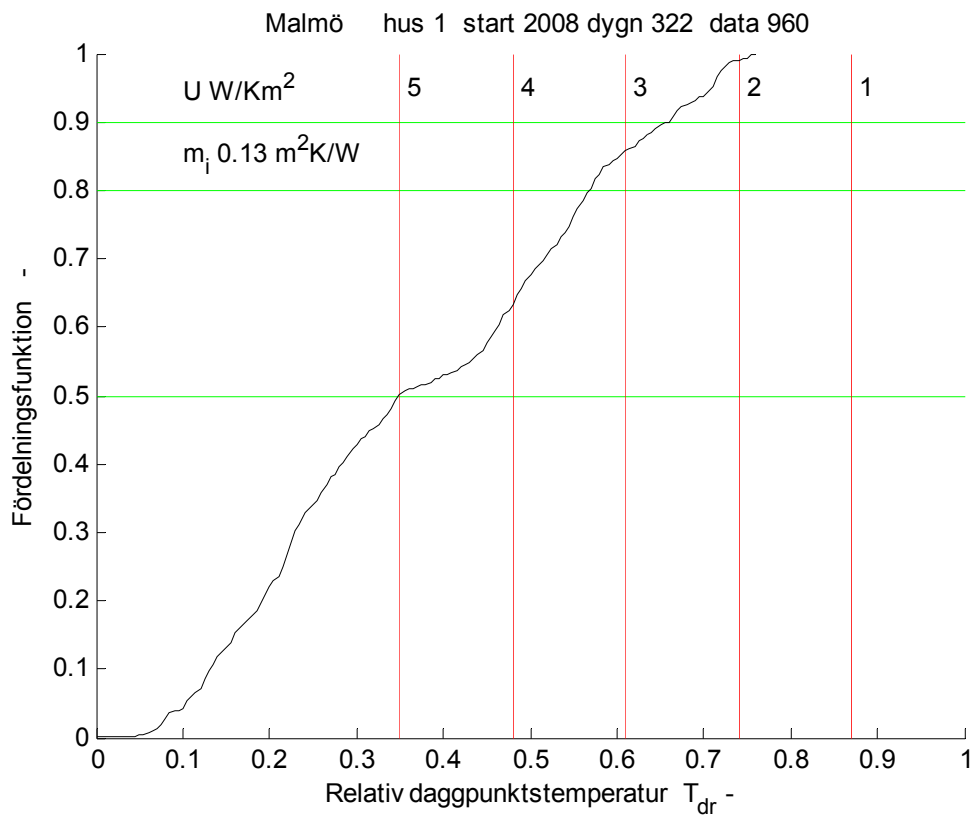
Figur 11.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Malmö hus 1.



Figur 11.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Malmö hus 1.

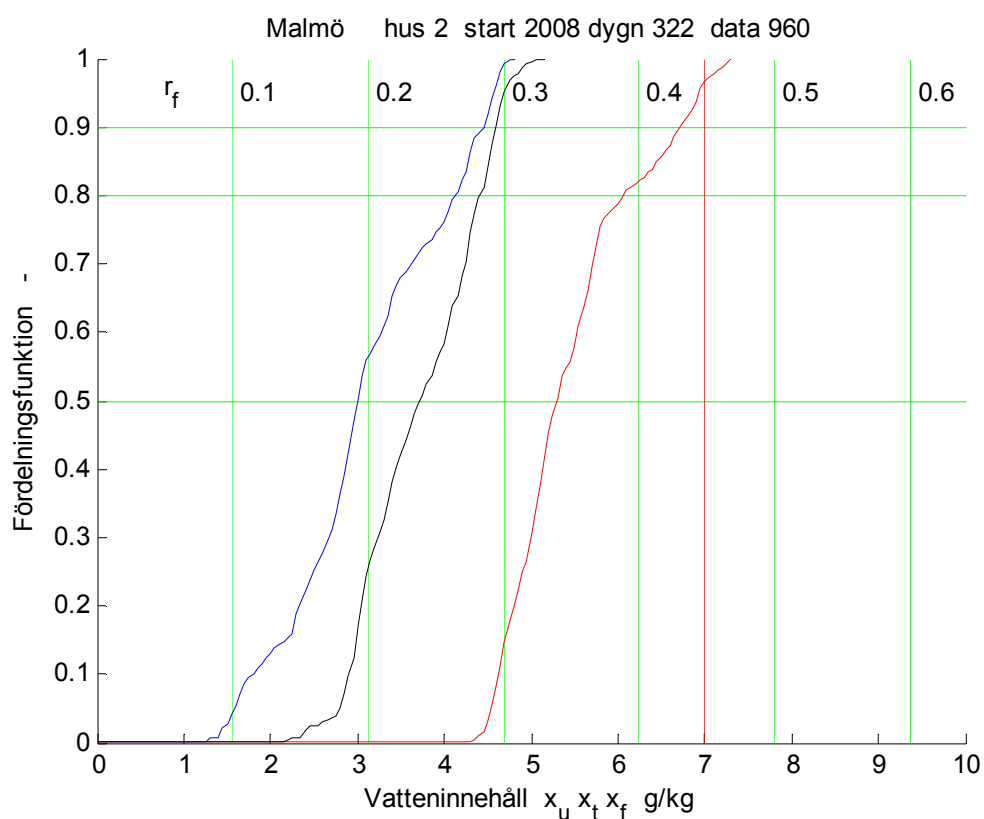


Figur 11.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Malmö hus 1.

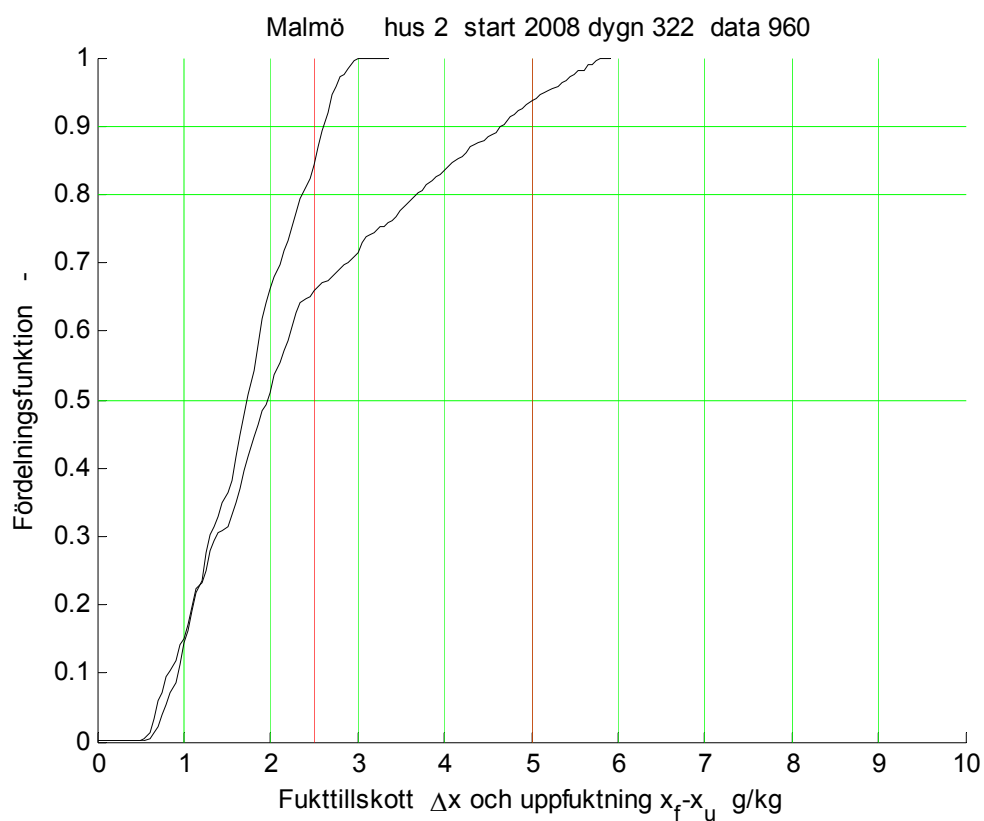


Figur 11.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Malmö hus 1.

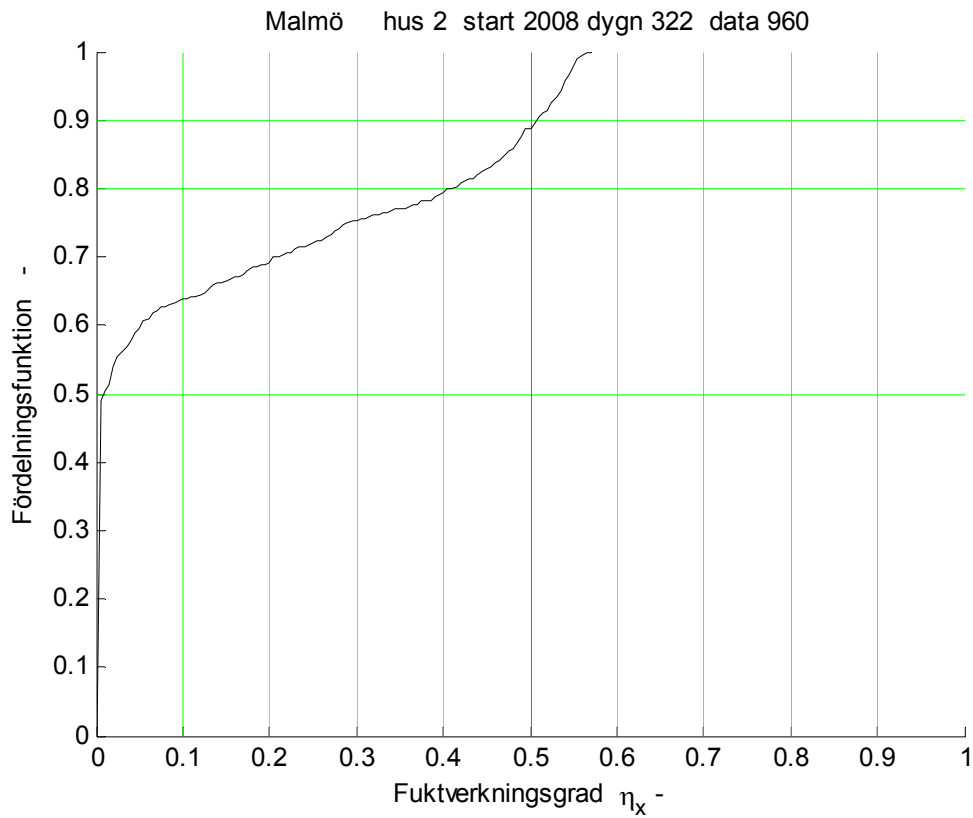




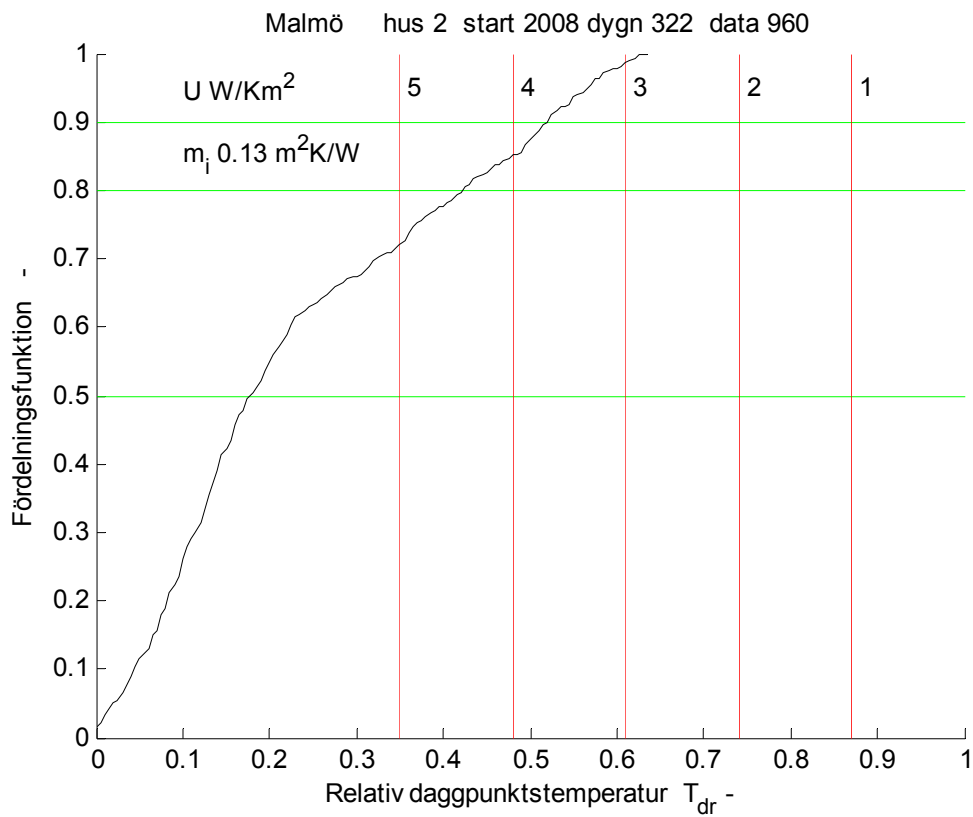
Figur 12.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Malmö hus 2.



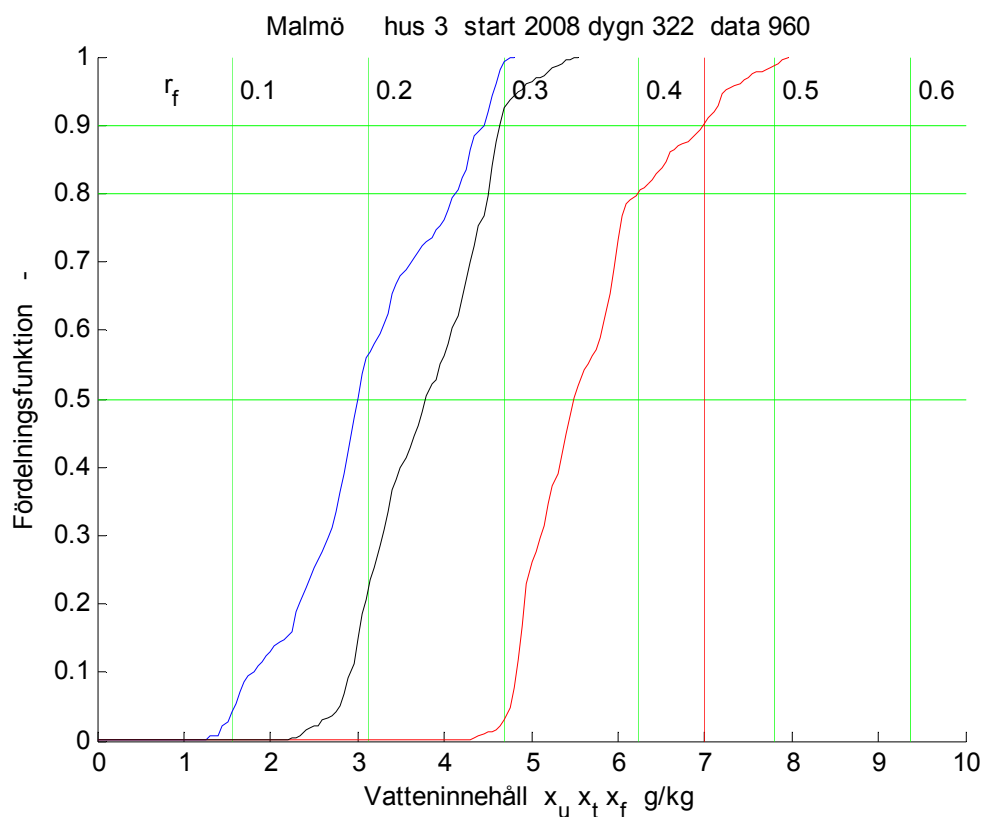
Figur 12.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Malmö hus 2



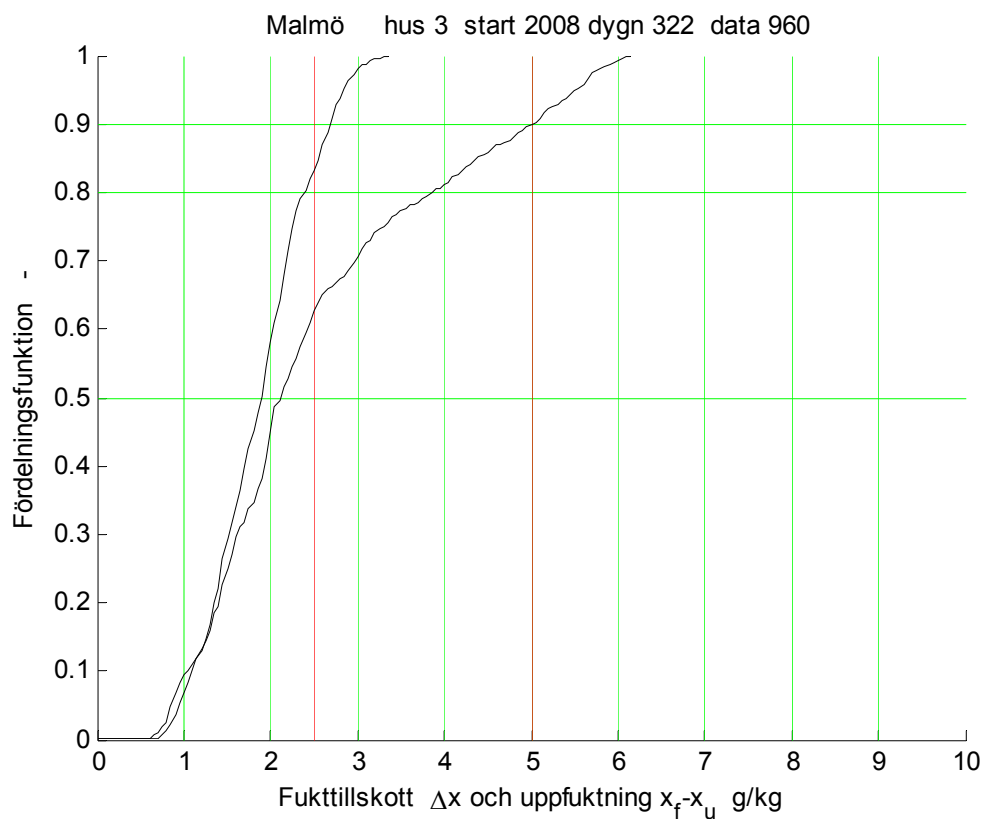
Figur 12.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Malmö hus 2.



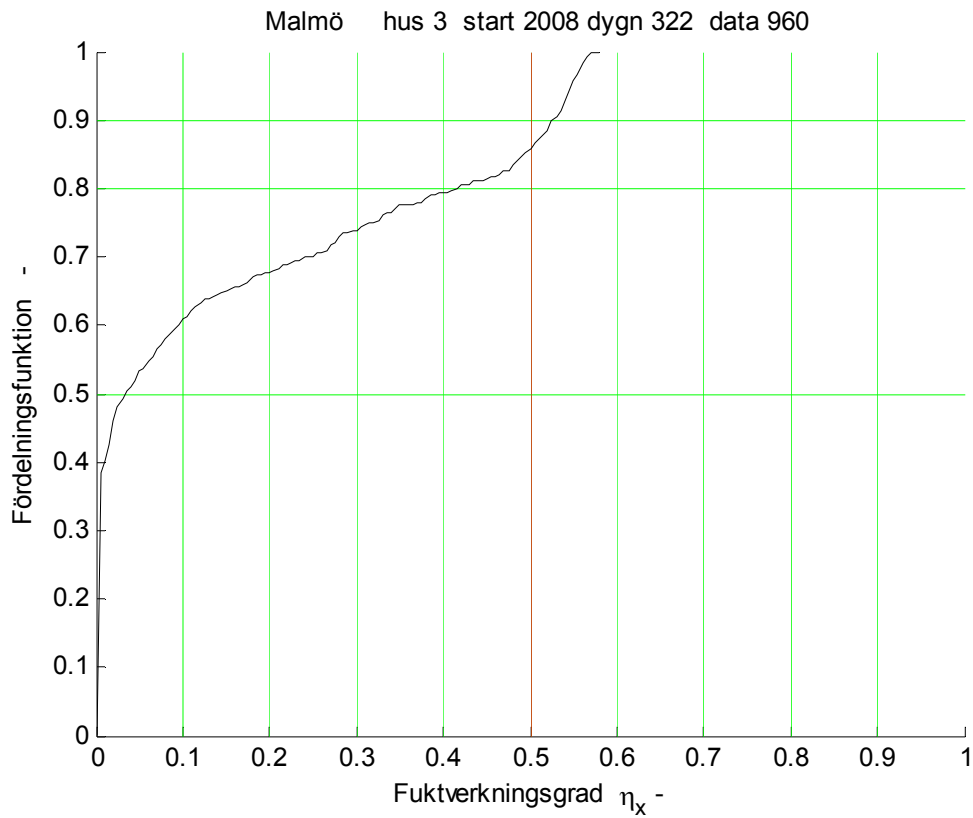
Figur 12.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Malmö hus 2.



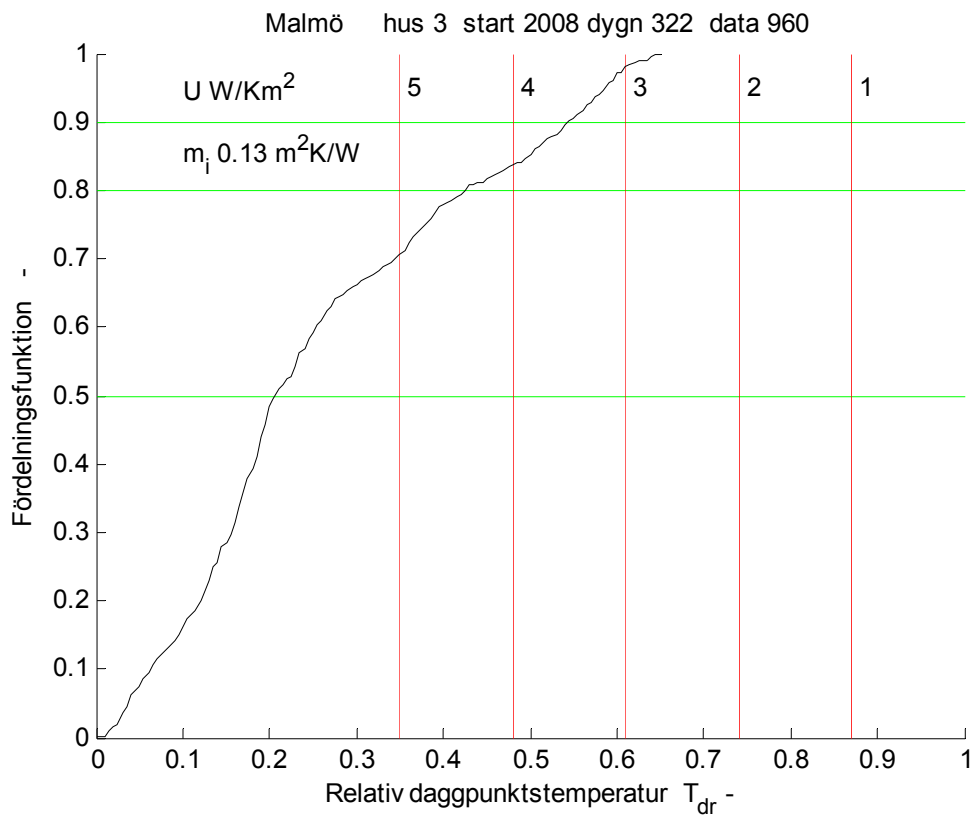
Figur 13.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Malmö hus 3.



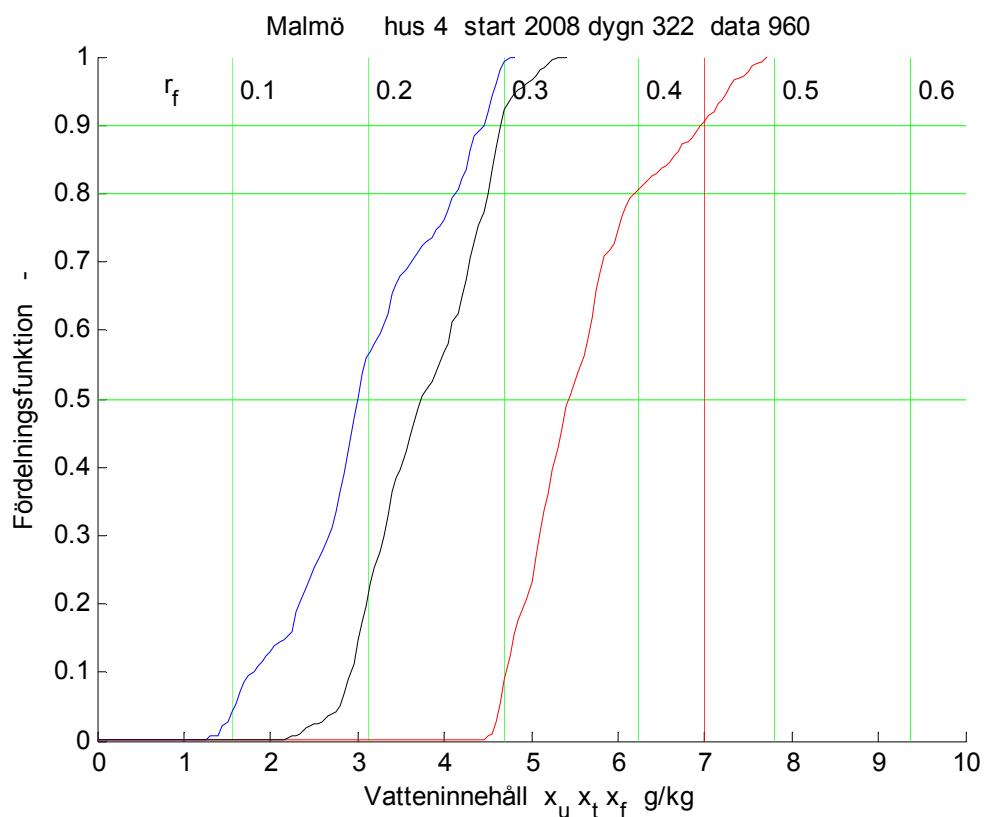
Figur 13.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Malmö hus 3.



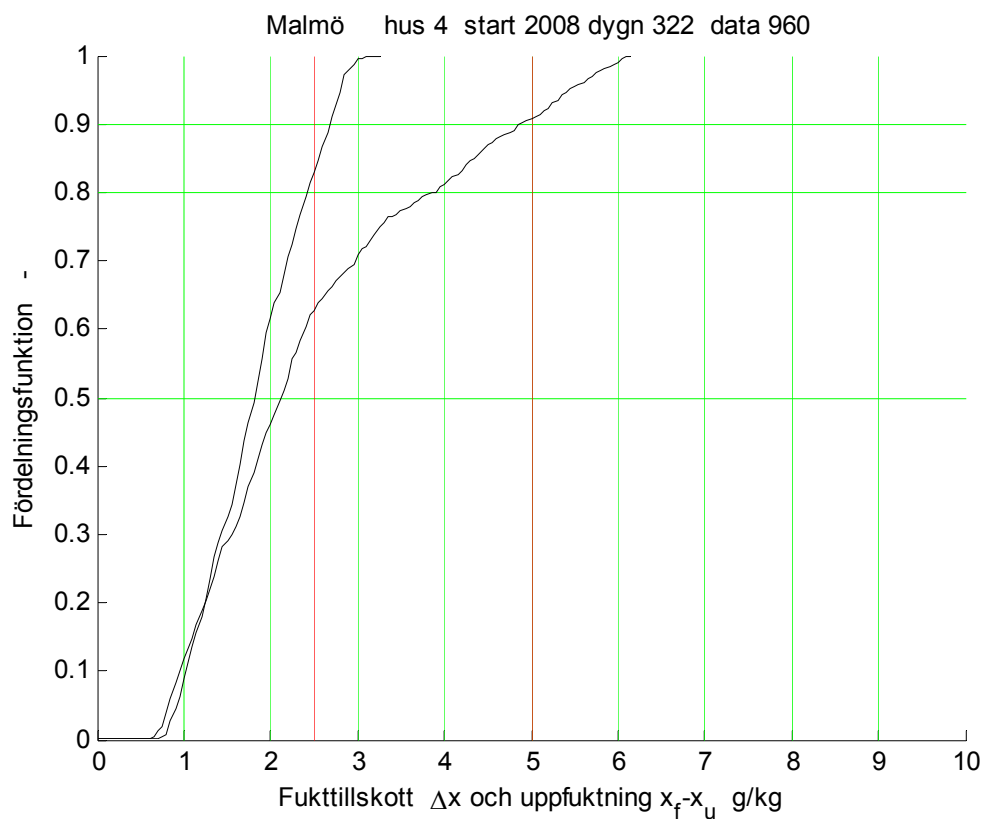
Figur 13.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Malmö hus 3.



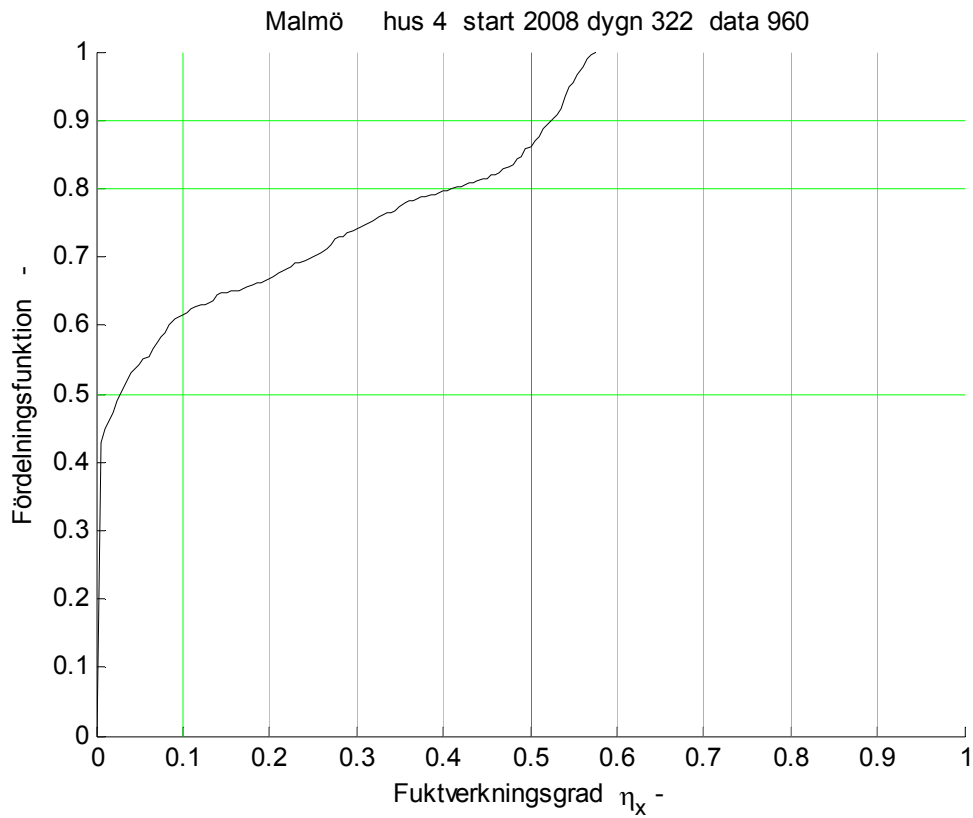
Figur 13.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Malmö hus 3.



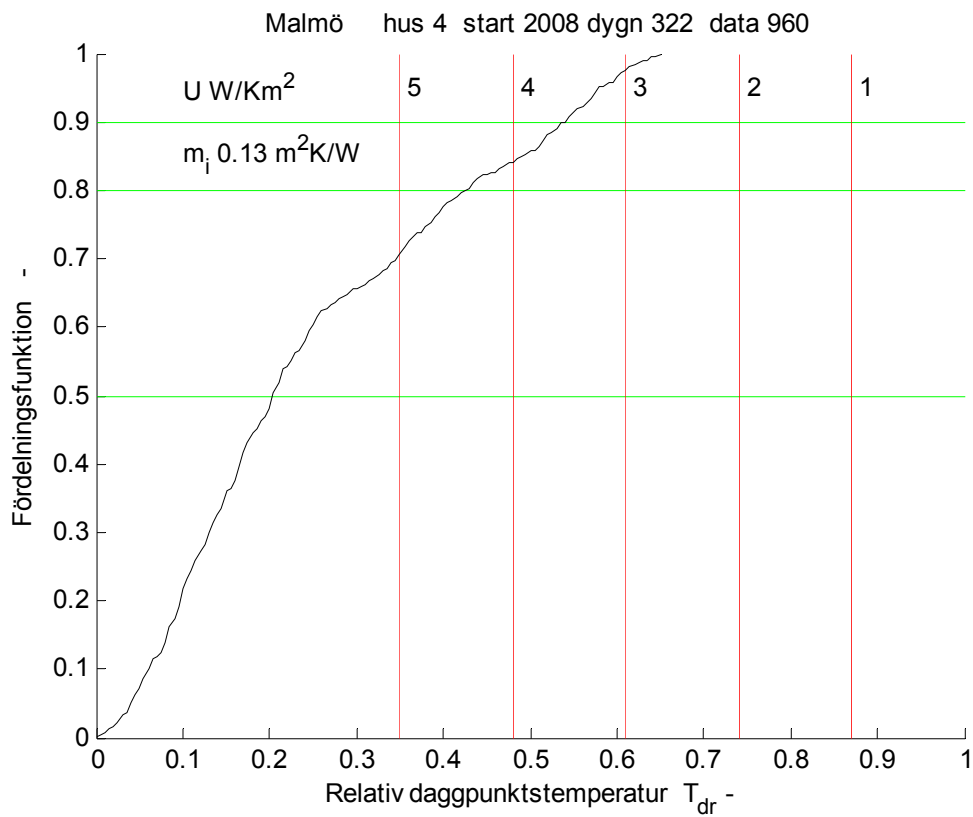
Figur 14.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Malmö hus 4.



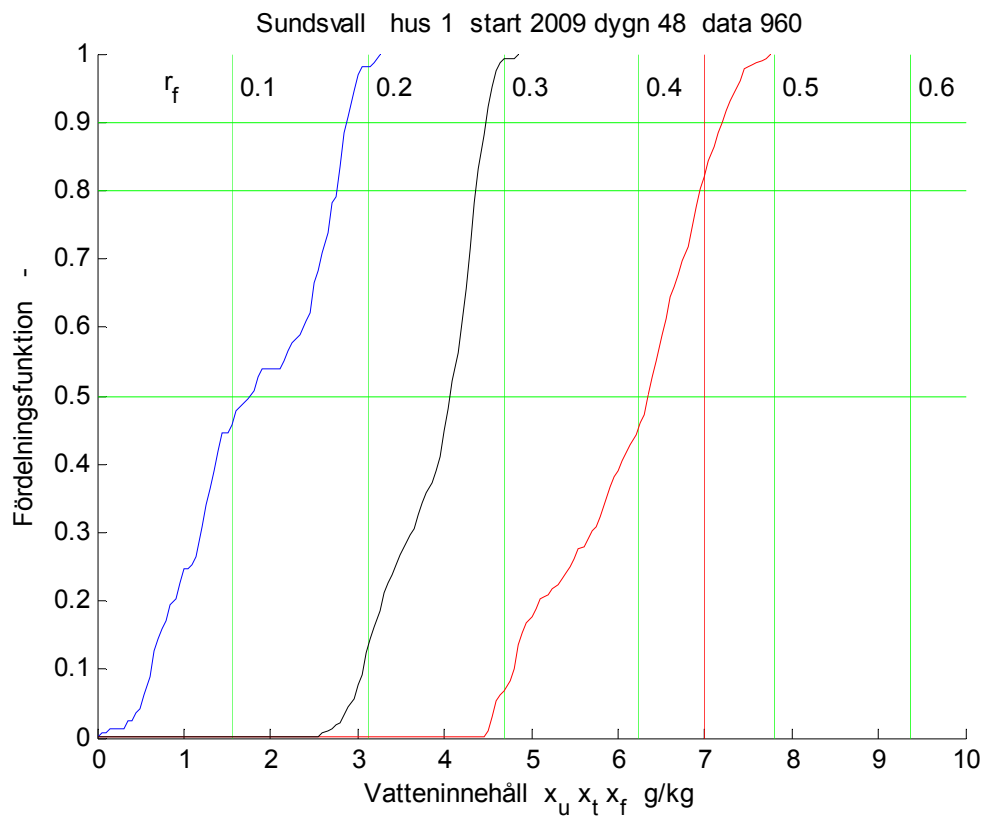
Figur 14.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Malmö hus 4



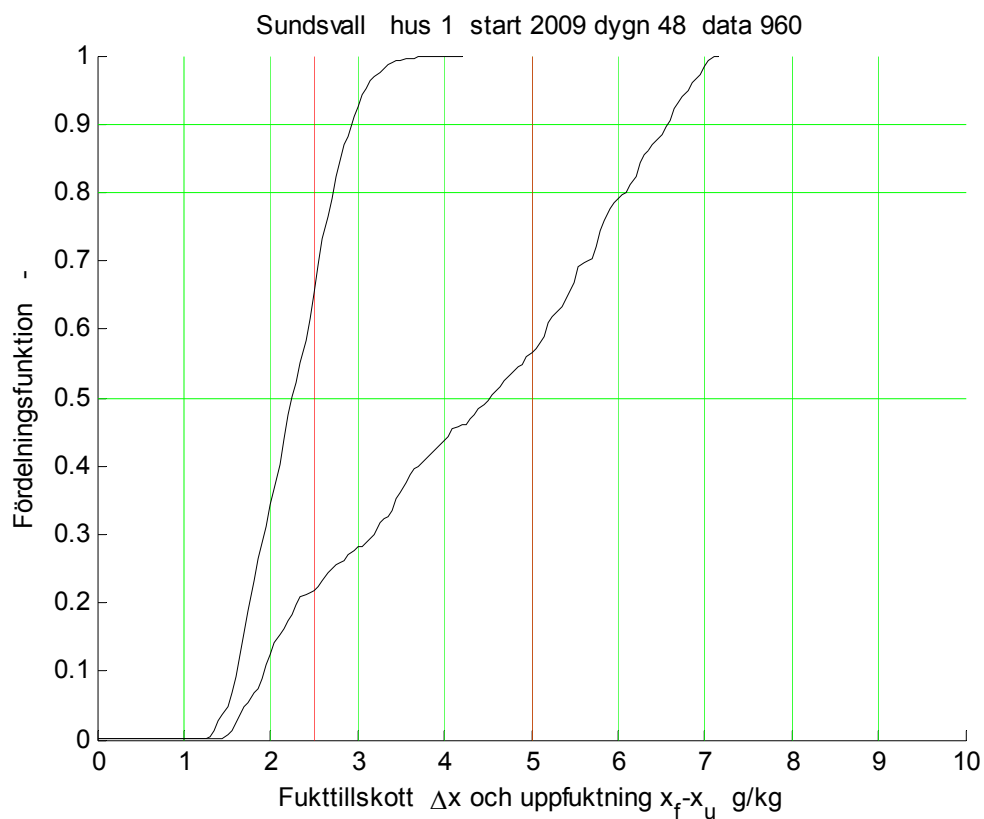
Figur 14.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Malmö hus 4.



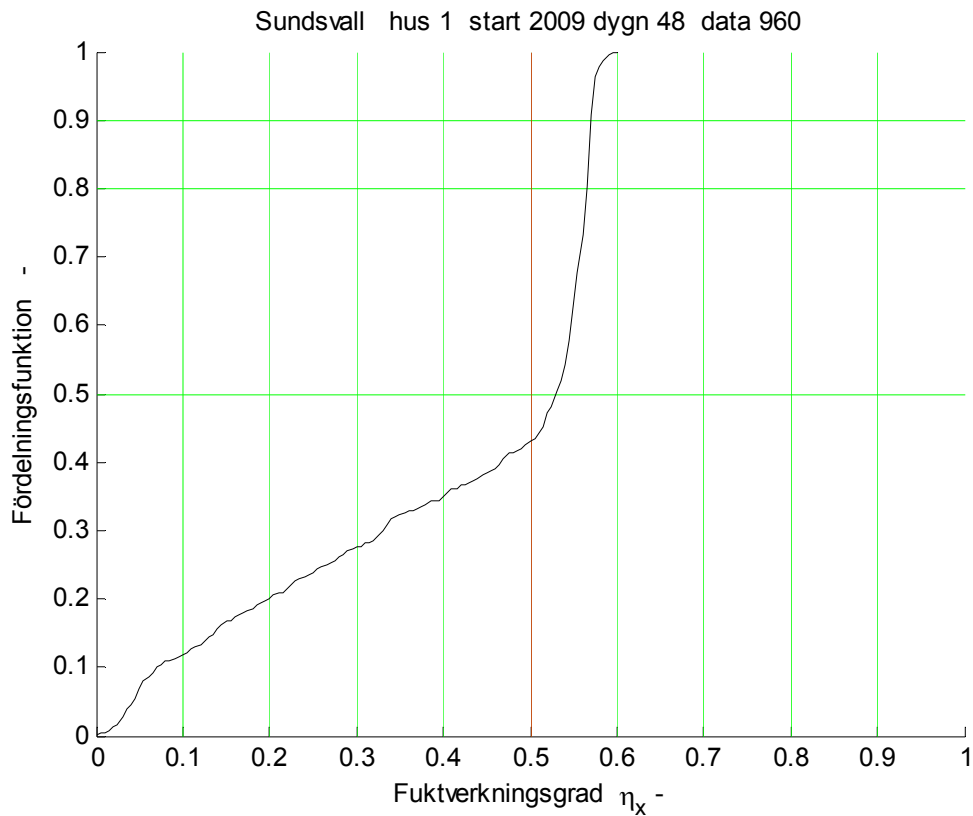
Figur 14.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Malmö hus 4



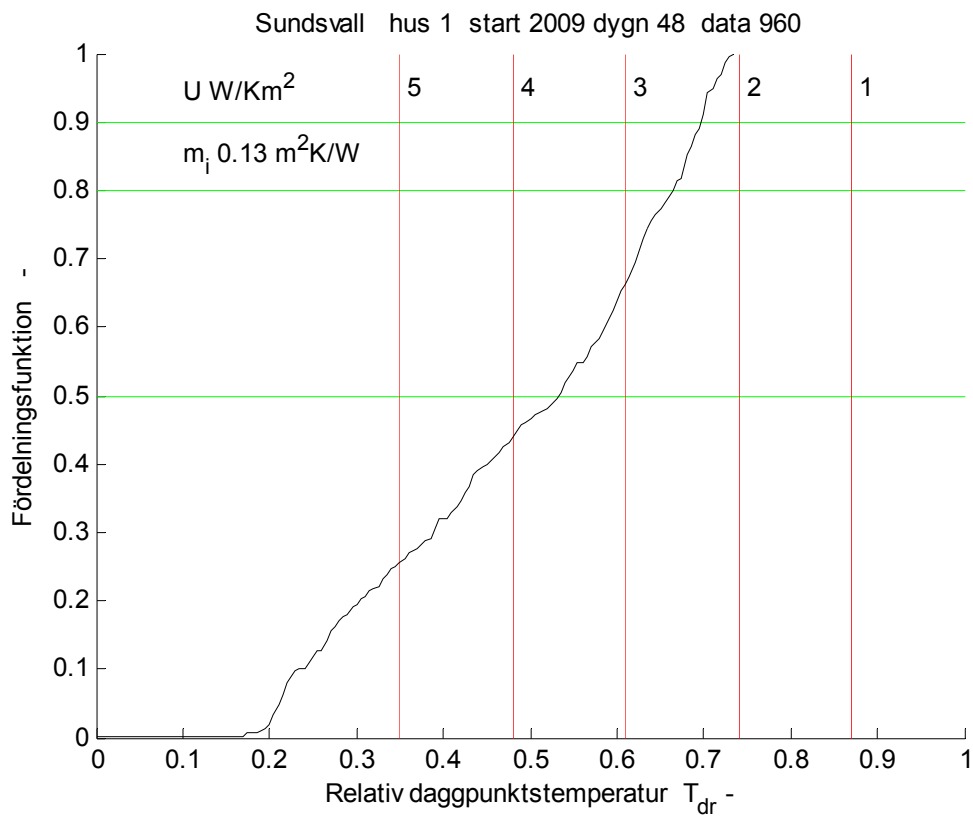
Figur 15.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Sundsvall hus 1.



Figur 15.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Sundsvall hus 1

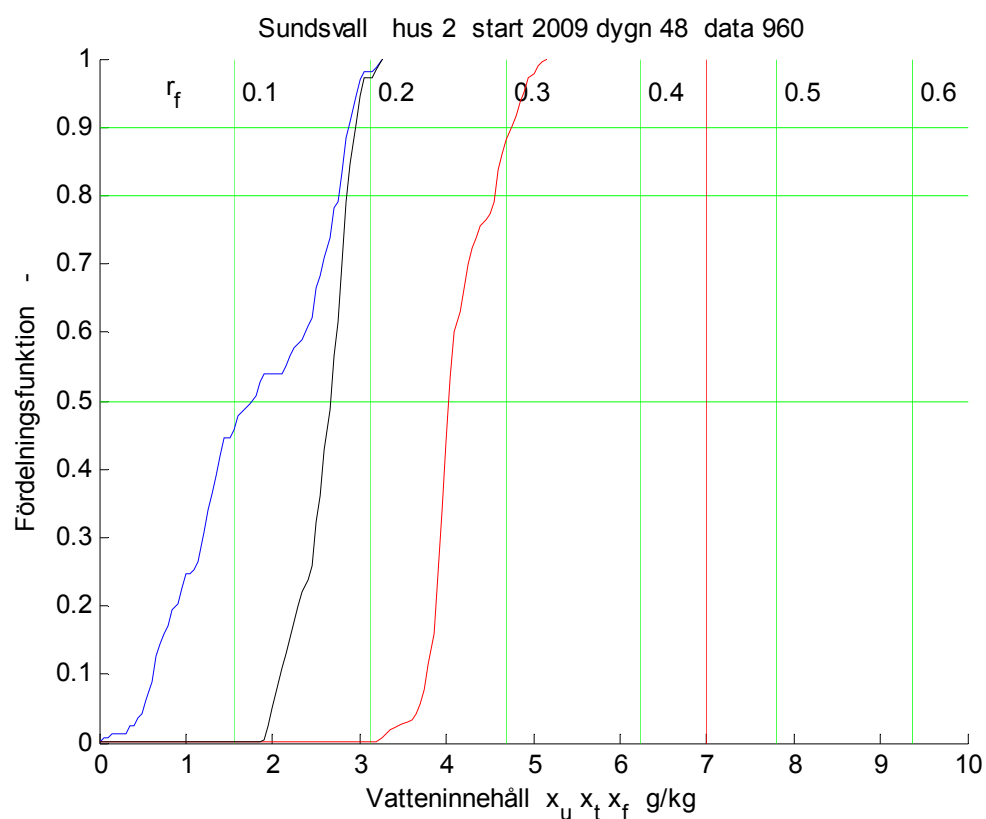


Figur 15.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Sundsvall hus 1.

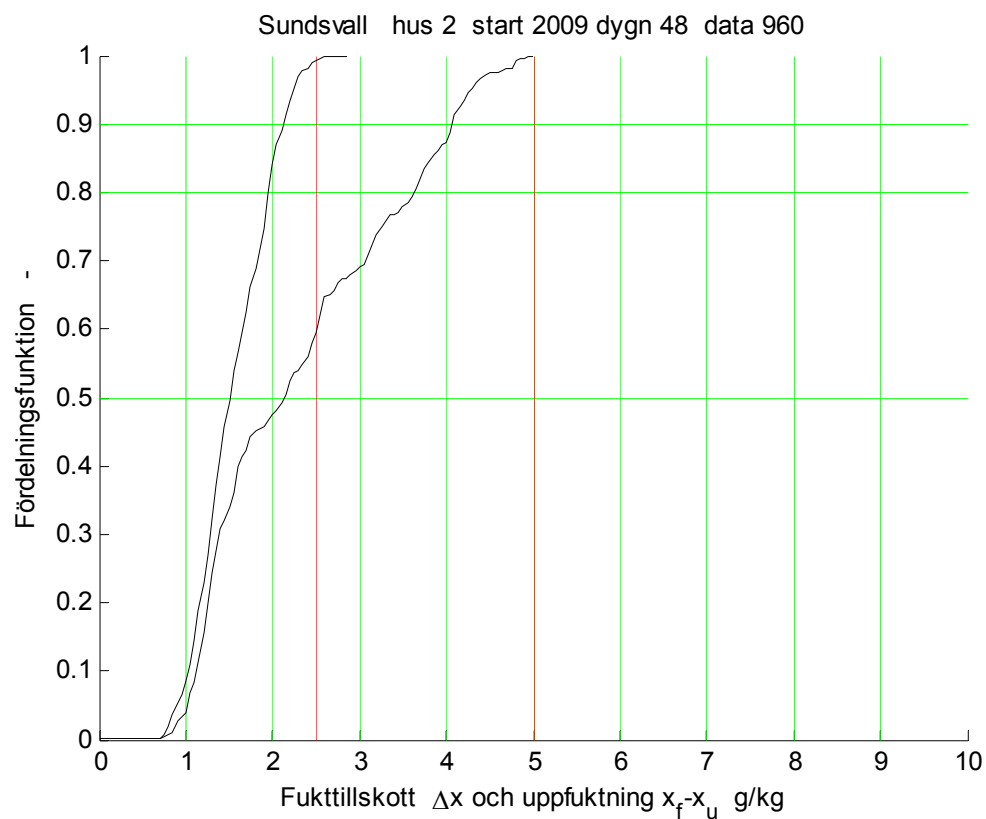


Figur 15.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Sundsvall hus 1.

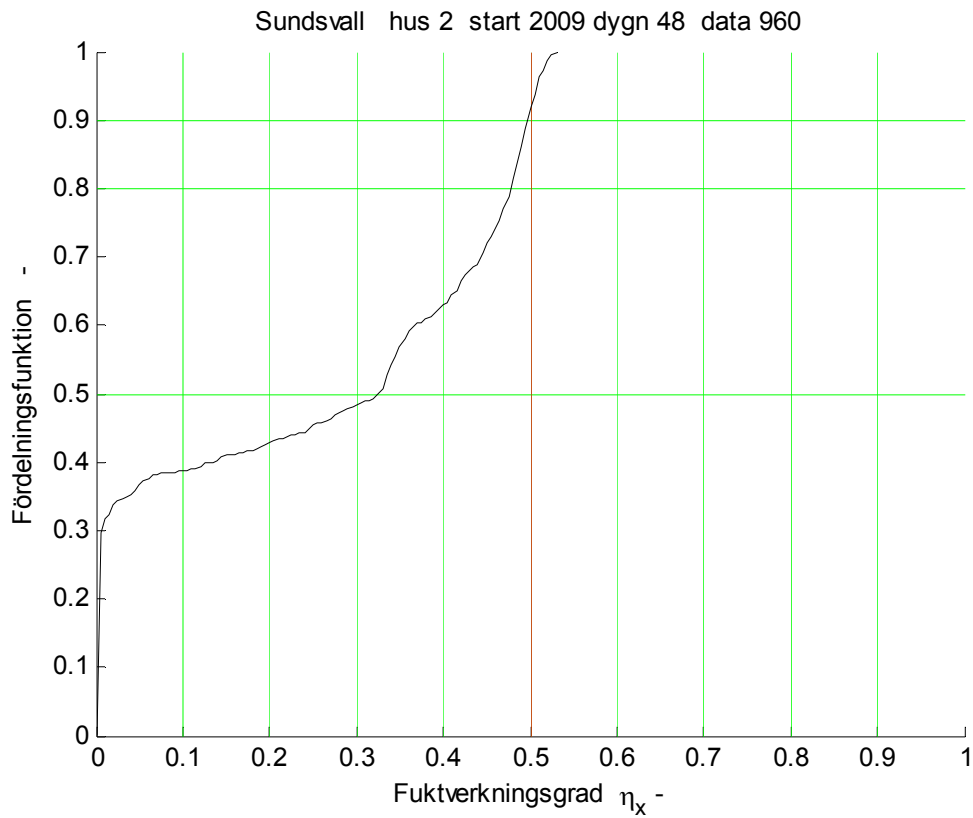




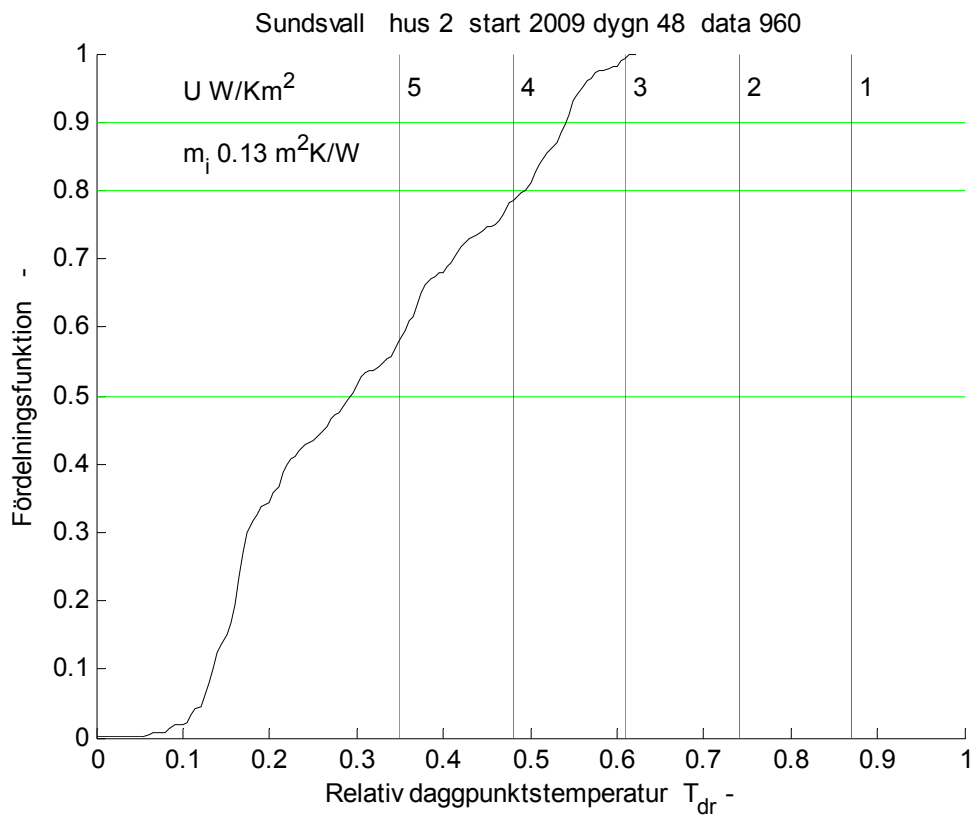
Figur 16.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Sundsvall hus 2.



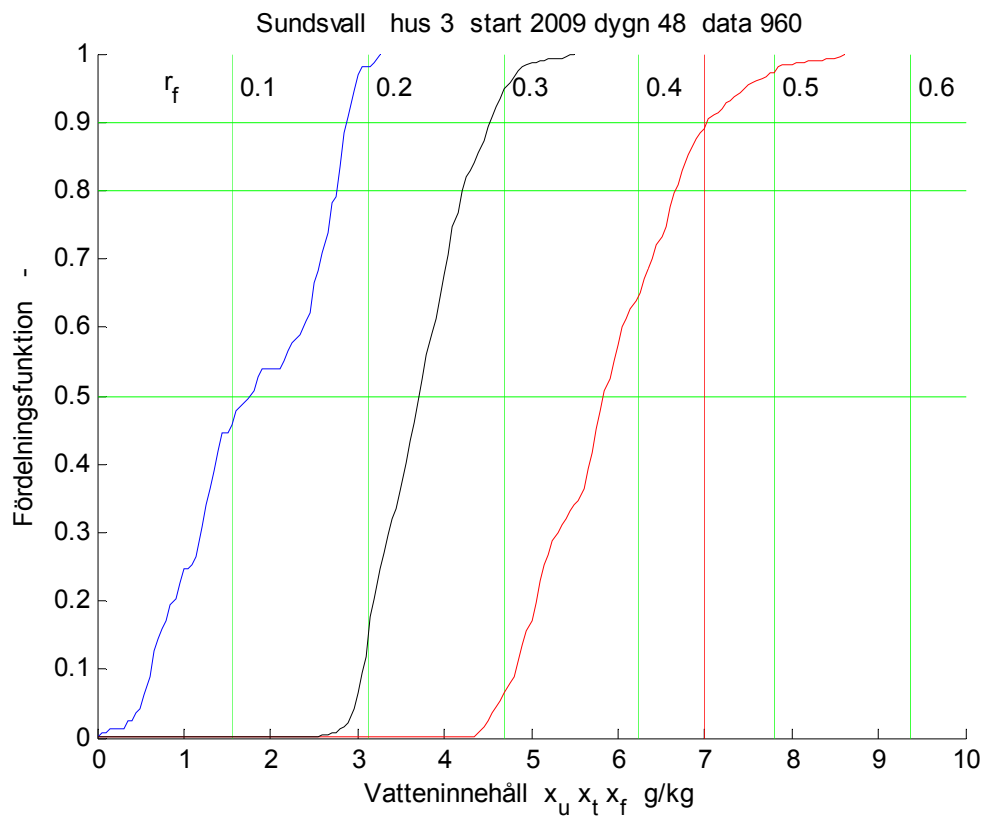
Figur 16.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Sundsvall hus 2



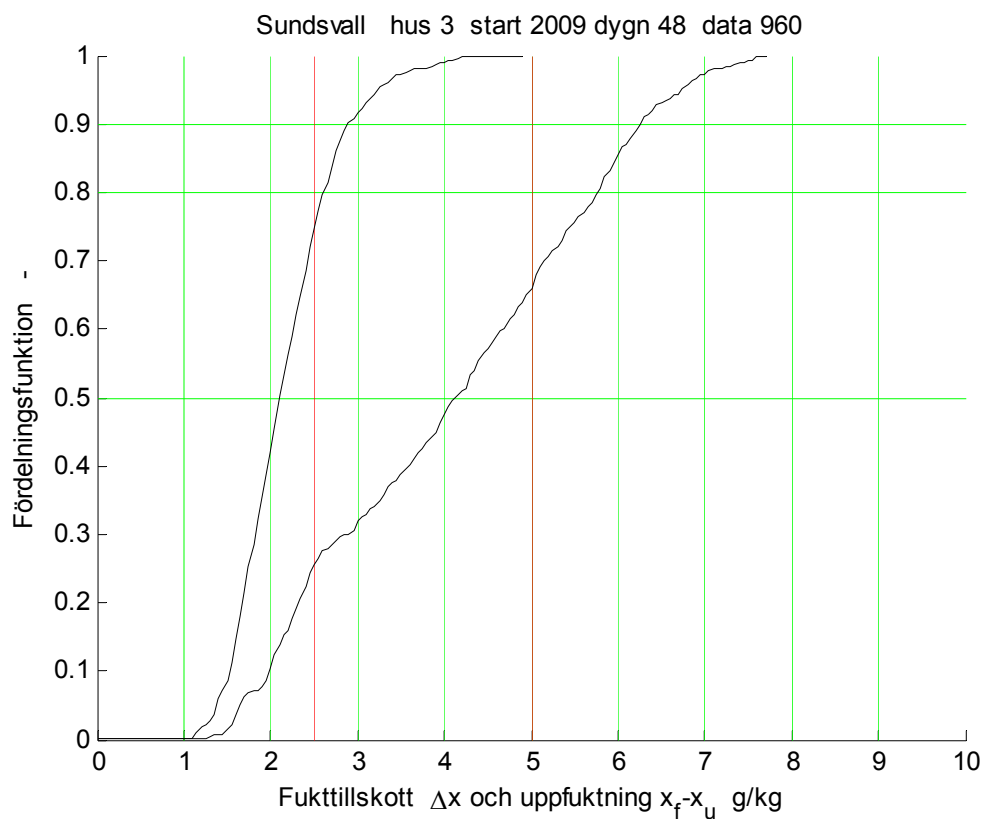
Figur 16.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Sundsvall hus 2.



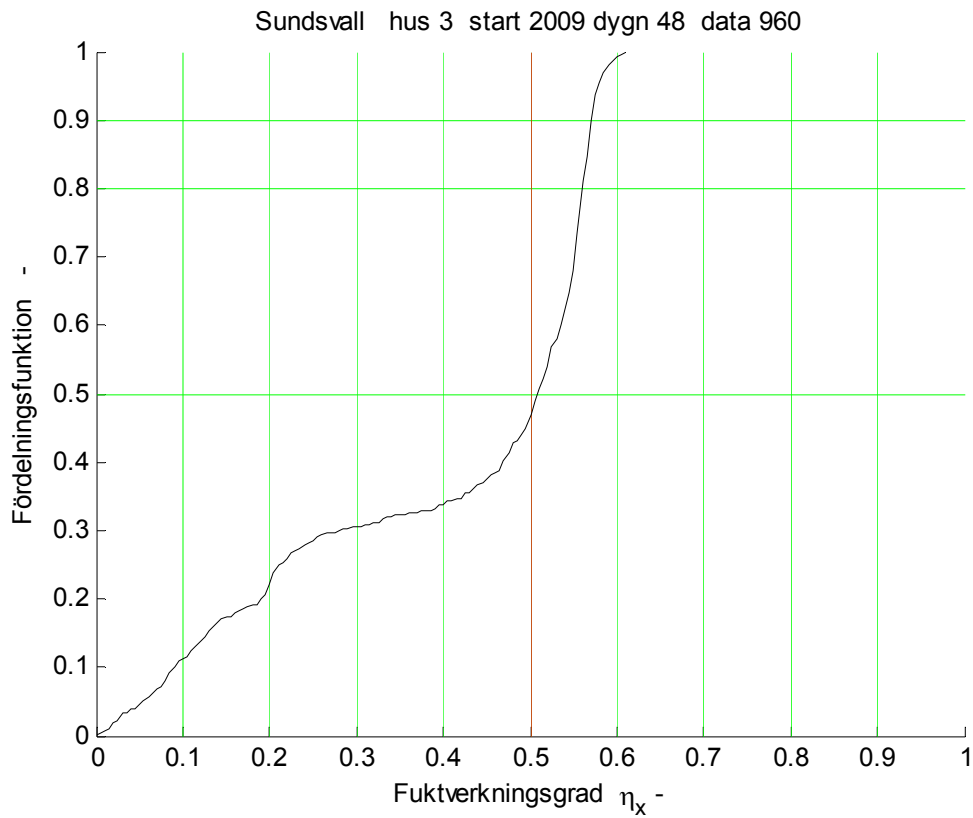
Figur 16.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Sundsvall hus 2



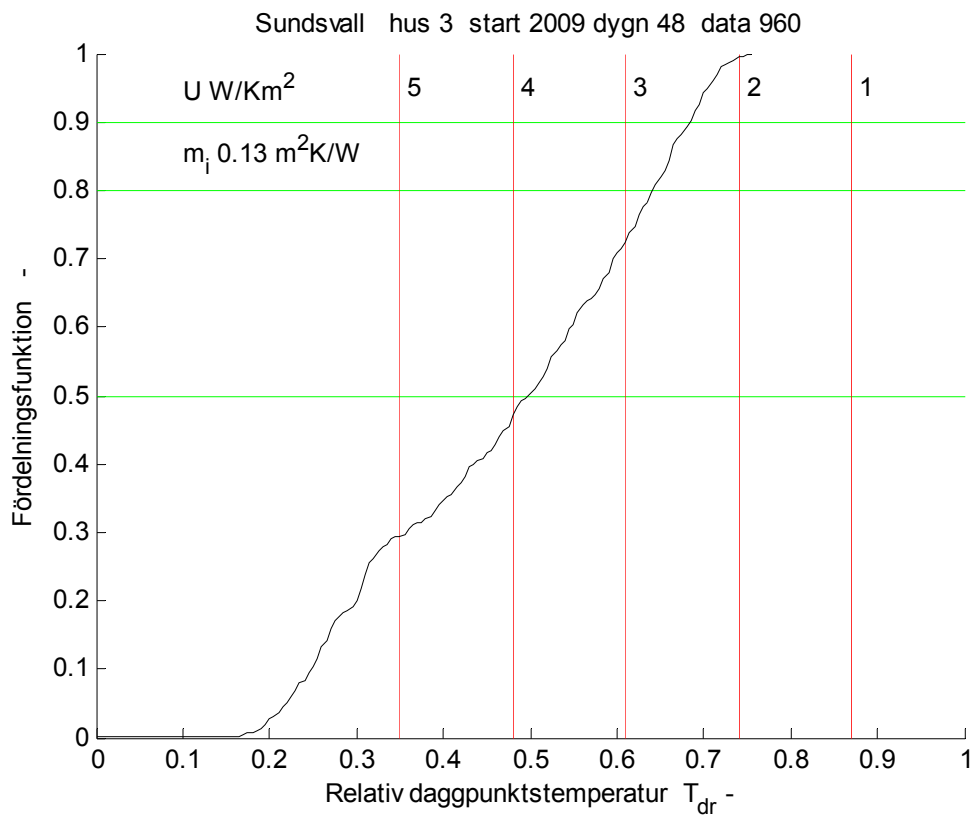
Figur 17.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Sundsvall hus 3.



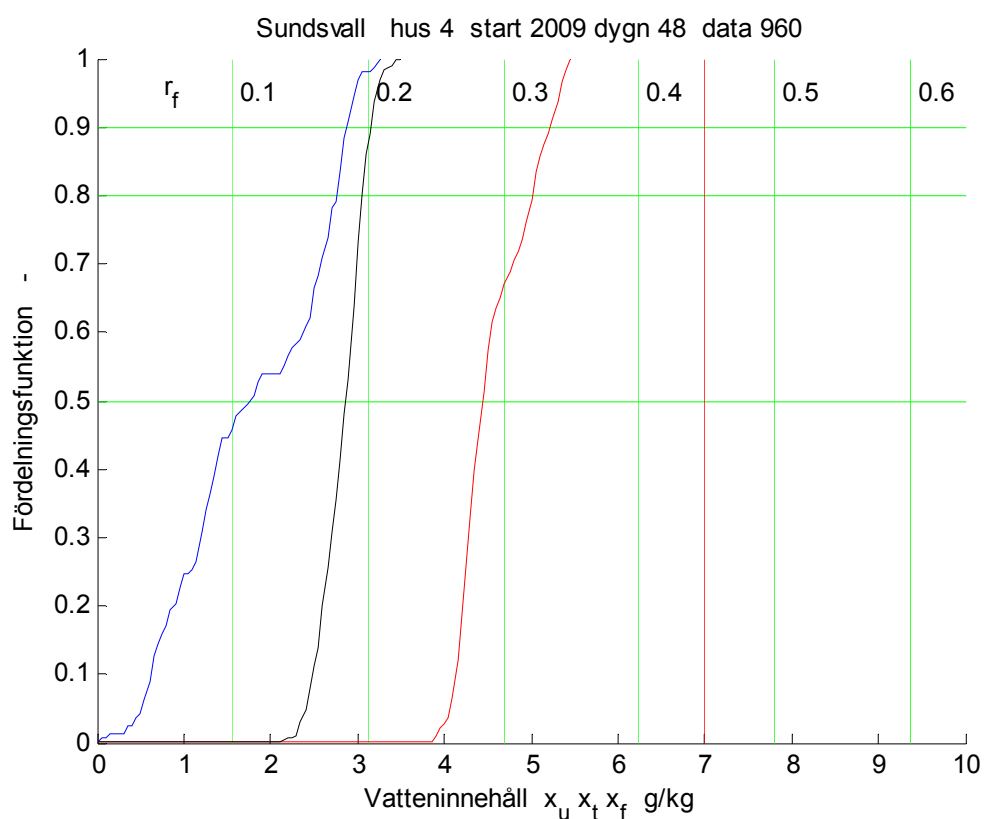
Figur 17.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Sundsvall hus 3



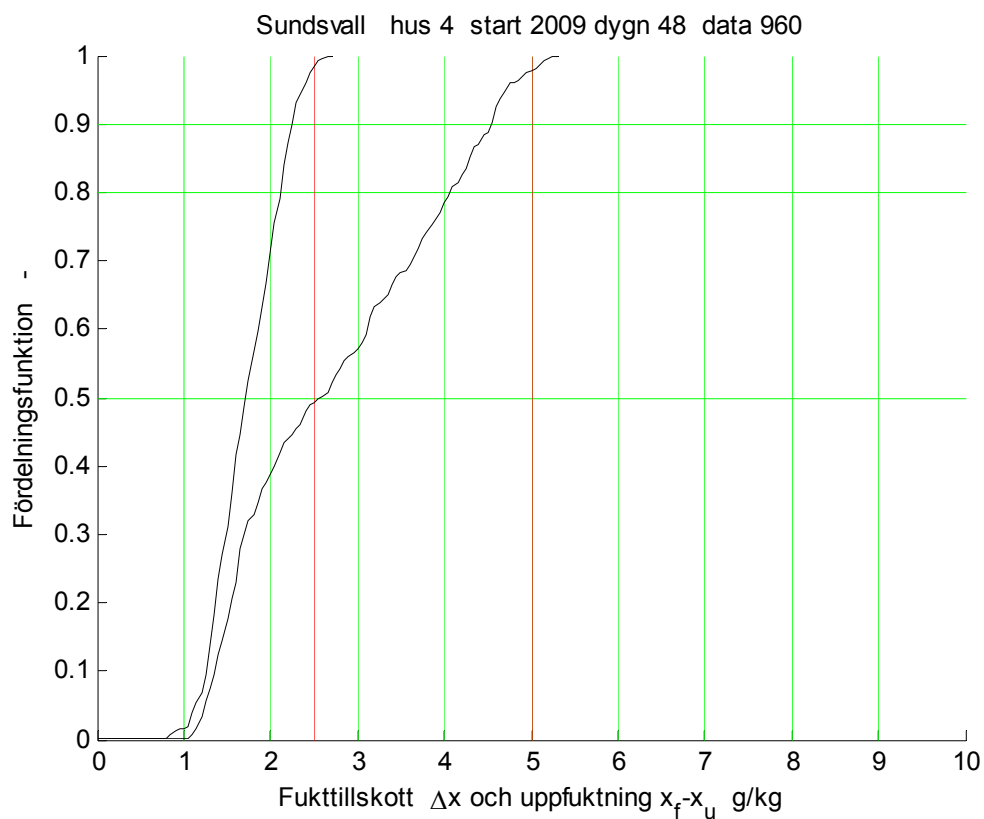
Figur 17.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Sundsvall hus 3.



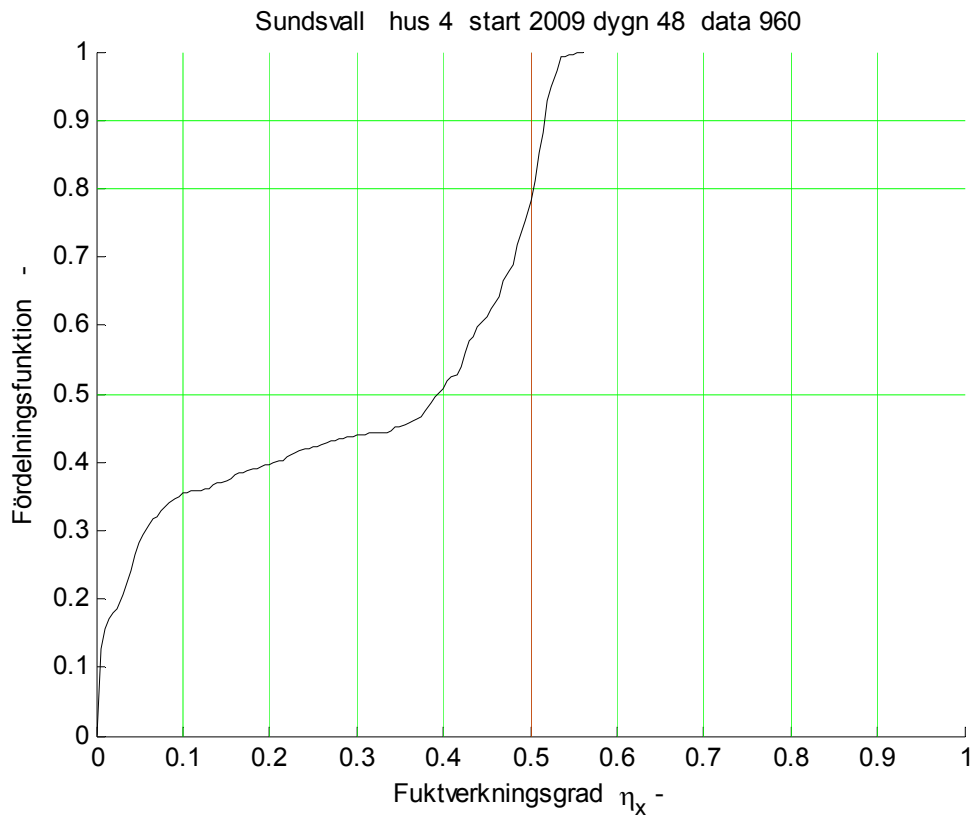
Figur 17.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Sundsvall hus 3.



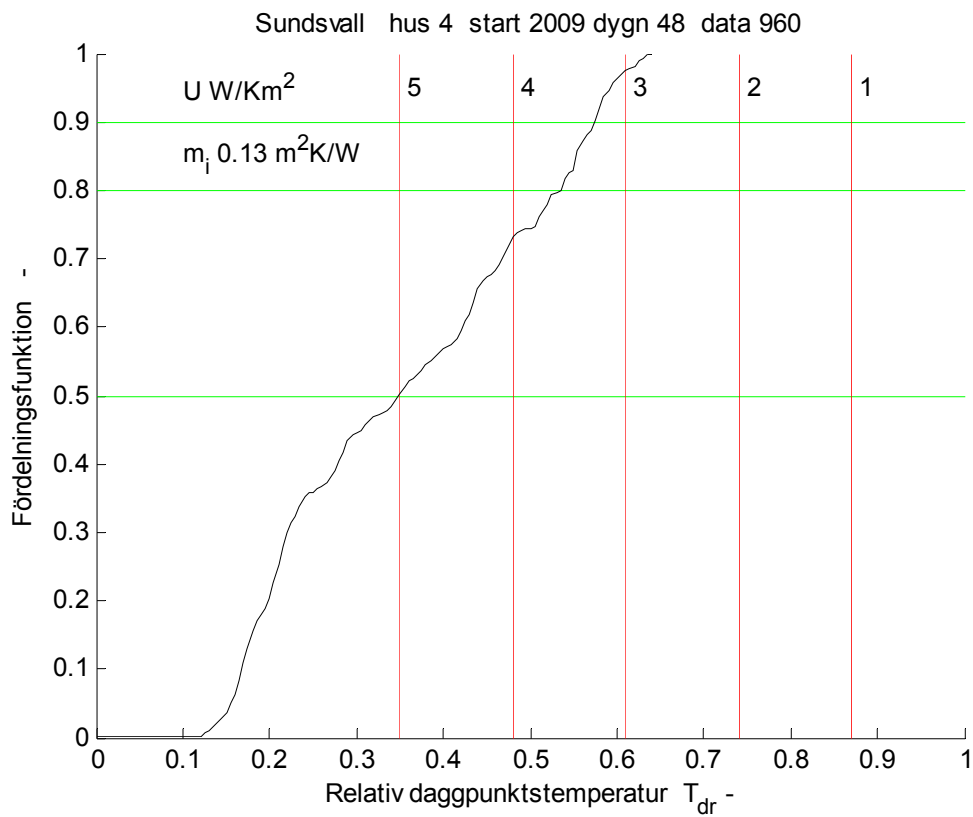
Figur 18.1 Fördelningsfunktion för vatteninnehåll ute-, till- och frånluft g/kg Sundsvall hus 4.



Figur 18.2 Fördelningsfunktion för fukttillskott och uppfuktning g/kg Sundsvall hus 4



Figur 18.3 Fördelningsfunktion för fuktverkningsgrad - Sundsvall hus 4.



Figur 18.4 Fördelningsfunktion för relativ daggpunktstemperatur - Sundsvall hus 4



### 3 Resultatsammanställning

I detta avsnitt sammanställs resultat för alla fördelningsfunktioner redovisade i avsnitt 2. Gränsvärden för att en variabel ligger under detta beräknas för sannolikheterna 0.5, 0.8 och 0.9 samt sannolikheten för att ett visst gränsvärde redovisas i Tabell 3.1-6 för frånluftens vatteninnehåll och relativa luftfuktighet, fuktillskott, total uppfuktning, fuktverkningsgrad och relativ kondensstemperatur. Sannolikhetsvärdena 0.5, 0.8 och 0.9 kan översättas till tio, fyra och två dygn av tjugo.

#### Kommentar – Frånluftens vatteninnehåll

Gränsen 7 g/kg överskrids mer än halva tiden för tre hus i Karlstad och för fyra dygn för de två övriga husen i Karlstad. Gränsen 7 g/kg överskrids aldrig för husen i Kiruna. Data för Malmö visar att gränsen 7 g/kg för de fyra husen överskrids under åtta, mindre än ett dygn, två respektive två dygn. Gränsen 7 g/kg överskrids under minst två dygn av tjugo för två av husen i Sundsvall och inte alls för de två övriga husen.

Tabell 3.1 Kvantilgränser och sannolikhet för frånluftens vatteninnehåll

ort	hus nr	0.5-kvantilgräns	0.8-kvantilgräns	0.9-kvantilgräns	$P_{x < 7 \text{ g/kg}}$
Karlstad	1	8.13	8.56	9.11	0.073
Karlstad	2	6.30	7.06	7.50	0.772
Karlstad	3	8.18	8.72	9.18	0.065
Karlstad	4	9.61	> 10.00	> 10.00	0.009
Karlstad	5	6.36	7.04	7.40	0.785
Kiruna	1	4.62	5.15	5.34	1.000
Kiruna	2	3.79	4.30	4.46	1.000
Kiruna	3	3.47	3.90	4.02	1.000
Kiruna	4	2.96	3.24	3.44	1.000
Kiruna	5	3.97	4.42	4.62	1.000
Malmö	1	6.52	8.21	8.66	0.590
Malmö	2	5.29	6.06	6.72	0.967
Malmö	3	5.50	6.22	6.99	0.901
Malmö	4	5.44	6.19	6.96	0.905
Sundsvall	1	6.35	6.94	7.20	0.820
Sundsvall	2	4.03	4.56	4.75	1.000
Sundsvall	3	5.84	6.67	7.03	0.892
Sundsvall	4	4.44	5.01	5.22	1.000



## Kommentar – Frånluftens relativa luftfuktighet

Siffrorna för kvantilgränser och sannolikhet för luftens relativa luftfuktighet redovisas i Tabell 3.2 visar att den relativa luftfuktigheten 0.5 överskrids påtagligt för fyra fall, marginellt i sex fall och inte alls för resterande tio fall. Den tidigare använda gränsen 7 g/kg kan översättas till en relativ luftfuktighet om 0.45 vid en temperatur om 21 °C.

Tre av husen i Karlstad, nr 1, 3 och 4, ligger över värde 0.5 under 14, 15 respektive nästan 20 dygn. Hus 2 och 5 ligger lägre och har dock en relativ luftfuktighet över 0.4 under halva testperioden.

Husen i Kiruna ligger alla under gränsen 0.5 och under 0.3 under halva testperioden. Det senare gäller även för tre av fyra hus för arton dygn utav tjugo.

Husen i Malmö har en luftfuktighet något över 0.3 för tre hus och över 0.4 för ett hus under halva testperioden. Ett hus ligger över 0.5 under minst fyra dygn. Tre hus ligger över 0.4 under minst två dygn.

Tre hus i Sundsvall går inte alls över den relativa luftfuktigheten 0.5 och ytterst marginellt för det fjärde huset. Under två dygn är den relativa luftfuktigheten högre än 0.4 för två hus och över 0.3 för resterande två hus.

Tabell 3.2 Kvantilgränser och sannolikhet för frånluftens relativa luftfuktighet

ort	hus nr	0.5-kvantilgräns	0.8-kvantilgräns	0.9-kvantilgräns	$P_{x < 0.5}$
Karlstad	1	0.520	0.547	0.582	0.302
Karlstad	2	0.402	0.452	0.480	0.956
Karlstad	3	0.523	0.558	0.587	0.244
Karlstad	4	0.615	0.668	0.686	0.017
Karlstad	5	0.407	0.450	0.473	0.981
Kiruna	1	0.295	0.329	0.341	1.000
Kiruna	2	0.241	0.275	0.285	1.000
Kiruna	3	0.222	0.249	0.256	1.000
Kiruna	4	0.189	0.208	0.220	1.000
Kiruna	5	0.254	0.283	0.295	1.000
Malmö	1	0.417	0.525	0.554	0.728
Malmö	2	0.338	0.387	0.430	1.000
Malmö	3	0.352	0.397	0.447	0.990
Malmö	4	0.347	0.396	0.444	1.000
Sundsvall	1	0.406	0.444	0.461	1.000
Sundsvall	2	0.258	0.291	0.304	1.000
Sundsvall	3	0.373	0.426	0.449	0.979
Sundsvall	4	0.284	0.320	0.334	1.000

## Kommentar - Fukttillskott

Fukttillskottet borde vara oberoende av uteklimatet, men eftersom fukttillskottet är ventilationsberoende kan klimatberoende vädring påverka fukttillskottet. Fukttillskottet som redovisas här är det uppmätta utan någon ventilationsteknisk fuktåtervinning. Den totala uppfuktningen, där fuktåtervinning ingår, är givetvis det som skall undersökas.

Kravet på fukttillskott är 2.5 g/kg. Denna gräns överskrids för alla hus utom ett. Om kravet sätts till minst ett dygn över gränsen, blir utfallet att tretton av arton hus har ett fukttillskott som är större än 2.5 g/kg under nitton utav tjugo dygn.

De fem husen i Karlstad ligger över 2.5 g/kg under minst 10, 2, 10, 10 respektive 4 dygn.

Endast ett hus i Kiruna ligger över 2.5 g/kg under nästan två dygn. Fyra hus ligger under 2 g/kg minst halva testperioden.

Husen i Malmö och Sundsvall har fukttillskott snarlika de som för Kiruna. Gränsen 2.5 g/kg överskrids under 4, 2, 2, respektive 2 dygn. Endast två hus i Sundsvall överskrider 2.5 g/kg under minst fyra dygn.

Tabell 3.3 Kvantilgränser och sannolikhet för uppmätt fukttillskott

ort	hus nr	0.5-kvantilgräns	0.8-kvantilgräns	0.9-kvantilgräns	$P_{x < 2.5 \text{ g/kg}}$
Karlstad	1	2.52	2.91	3.13	0.482
Karlstad	2	2.09	2.43	2.67	0.840
Karlstad	3	2.57	2.92	3.17	0.438
Karlstad	4	3.04	3.45	3.62	0.299
Karlstad	5	2.16	2.53	2.74	0.776
Kiruna	1	2.09	2.34	2.48	0.914
Kiruna	2	1.80	2.09	2.23	0.983
Kiruna	3	1.72	1.97	2.09	0.997
Kiruna	4	1.43	1.64	1.75	1.000
Kiruna	5	1.87	2.10	2.23	0.983
Malmö	1	2.23	2.80	3.10	0.654
Malmö	2	1.74	2.37	2.61	0.844
Malmö	3	1.90	2.39	2.68	0.832
Malmö	4	1.81	2.41	2.68	0.828
Sundsvall	1	2.25	2.71	2.93	0.653
Sundsvall	2	1.50	1.95	2.12	0.992
Sundsvall	3	2.10	2.61	2.89	0.747
Sundsvall	4	1.72	2.11	2.25	0.984

## Kommentar – Total uppfuktning

Siffrorna för den totala uppfuktningen i Tabell 3.4 visar att gränsen 2.5 g/kg överskrids av tretton utav arton hus under halva testperioden på tjugo dygn. Alla arton hus överskrider gränsen under minst fyra dygn. En dubblerad gräns på 5 g/kg överskrids av tio hus utav arton.

En jämförelse mellan fuktillskott i Tabell 3.3 och total uppfuktning i Tabell 3.4 visar att fuktåtervinningen måste vara betydande. En grov skattning är att den totala uppfuktningen är oftast två gånger fuktillskottet. Detta kan tolkas som om fuktverkningsgraden är omkring 0.5.

Tabell 3.4 Kvantilgränser och sannolikhet för total uppfuktning av uteluft till frånluft

ort	hus nr	0.5-kvantilgräns	0.8-kvantilgräns	0.9-kvantilgräns	$P_{x < 5 \text{ g/kg}}$
Karlstad	1	6.02	6.69	7.24	0.295
Karlstad	2	4.15	5.22	5.75	0.770
Karlstad	3	5.98	6.86	7.47	0.274
Karlstad	4	7.54	8.79	9.20	0.191
Karlstad	5	4.22	5.45	5.77	0.674
Kiruna	1	4.14	4.74	4.99	0.904
Kiruna	2	3.23	3.89	4.17	1.000
Kiruna	3	3.02	3.50	3.84	1.000
Kiruna	4	2.03	2.58	2.82	1.000
Kiruna	5	3.46	4.01	4.25	1.000
Malmö	1	3.24	5.62	6.55	0.705
Malmö	2	1.97	3.68	4.67	0.939
Malmö	3	2.11	3.85	5.00	0.900
Malmö	4	2.11	3.90	4.87	0.907
Sundsvall	1	4.53	6.10	6.57	0.565
Sundsvall	2	2.13	3.62	4.07	1.000
Sundsvall	3	4.12	5.77	6.25	0.660
Sundsvall	4	2.58	4.07	4.55	0.978

## Kommentar - Fuktverkningsgrad

Fuktverkningsgraden är beroende av fuktillskottet och klimatet. Siffrorna i Tabell 3.5 visar att under halva tiden är den högre än 0.5 för sex hus, fyra från Karlstad och två från Sundsvall.

Fuktverkningsgraden är tidvis hög. Kvantilgränsen 0.8 ligger över 0.5 för tio hus. Gränsen för 0.9-kvanten ligger över 0.5 för femton av arton hus.

Fuktverkningsgraden för hus i Kiruna är över 0.4 för fyra hus och över 0.3 för ett hus under halva testperioden samt under två dygn över 0.5 för två hus och över 0.4 för tre hus.

Fuktverkningsgraden är lägst för Malmö och nästan noll för tre hus för halva testperioden. Fuktverkningsgraden dock minst 0.5 under två dygn för alla fyra hus.

Husen i Karlstad har en fuktverkningsgrad under halva testperioden över 0.5 för två hus och resterande två ligger över 0.3.

Tabell 3.5 Kvantilgränser och sannolikhet för fuktverkningsgrad

ort	hus nr	0.5-kvantilgräns	0.8-kvantilgräns	0.9-kvantilgräns	$P_{x < 0.5}$
Karlstad	1	0.567	0.582	0.592	0.072
Karlstad	2	0.497	0.542	0.559	0.519
Karlstad	3	0.570	0.586	0.592	0.072
Karlstad	4	0.608	0.621	0.629	0.006
Karlstad	5	0.514	0.553	0.561	0.452
Kiruna	1	0.486	0.520	0.527	0.585
Kiruna	2	0.425	0.481	0.495	0.932
Kiruna	3	0.420	0.458	0.474	0.979
Kiruna	4	0.305	0.379	0.401	0.993
Kiruna	5	0.446	0.487	0.501	0.892
Malmö	1	0.241	0.554	0.586	0.672
Malmö	2	0.009	0.411	0.507	0.889
Malmö	3	0.033	0.416	0.527	0.859
Malmö	4	0.028	0.410	0.526	0.863
Sundsvall	1	0.529	0.565	0.570	0.430
Sundsvall	2	0.325	0.477	0.497	0.919
Sundsvall	3	0.508	0.559	0.570	0.469
Sundsvall	4	0.393	0.503	0.517	0.781

## Kommentar – Relativ kondensstemperatur

Det blir ingen kondensutfällning om den relativa kondensstemperaturen är lägre än den relativa yttemperaturen. Sannolikheten för att kondens inte inträffar under den genomräknade tjugodygnsperioden redovisas i Tabell 3.6 för fem konstruktioner med U-värden 1, 2, 3, 4 och 5 W/Km<sup>2</sup>, vilka enligt (2.2) kan räknas om till relativa inre yttemperaturer 0.87, 0.74, 0.61, 0.48 respektive 0.35. U-värde 5 W/Km<sup>2</sup> motsvarar ett fönster med ett glas.

Siffrorna i Tabell 3.6 visar att det inte sker kondensutfällning för något av de arton fallen för konstruktioner med U-värde 1 W/Km<sup>2</sup>. Kondensutfällning sker för fem fall för 2 W/Km<sup>2</sup> varav två ytterst marginellt, två marginellt och under åtta dygn för Karlstad hus 4.

Kondensutfällning inträffar för U-värde 3 W/Km<sup>2</sup> för alla fall utom ett. Flera fall är ganska marginella med mindre än ett dygn för att kondensutfällning sker. Nio fall har kondensutfällning under högst två dygn av tjugo.

Kondensutfällning inträffar för U-värde 4 W/Km<sup>2</sup> för alla fall. Nio fall har kondensutfällning mer än halva tiden och endast fyra fall mindre än fyra dygn av de tjugo.

Tabell 3.6 Sannolikhet för ingen kondensutfällning för olika U-värde.

ort	hus nr	$P_{x < 0.87}$ U = 1 W/Km <sup>2</sup>	$P_{x < 0.74}$ U = 2 W/Km <sup>2</sup>	$P_{x < 0.61}$ U = 3 W/Km <sup>2</sup>	$P_{x < 0.48}$ U = 4 W/Km <sup>2</sup>	$P_{x < 0.35}$ U = 5 W/Km <sup>2</sup>
Karlstad	1	1.000	0.942	0.452	0.143	0.020
Karlstad	2	1.000	1.000	0.877	0.479	0.254
Karlstad	3	1.000	0.929	0.414	0.131	0.011
Karlstad	4	1.000	0.601	0.292	0.163	0.010
Karlstad	5	1.000	1.000	0.855	0.499	0.375
Kiruna	1	1.000	1.000	0.808	0.332	0.199
Kiruna	2	1.000	1.000	0.982	0.504	0.298
Kiruna	3	1.000	1.000	0.994	0.593	0.313
Kiruna	4	1.000	1.000	1.000	0.932	0.443
Kiruna	5	1.000	1.000	0.973	0.430	0.291
Malmö	1	1.000	0.990	0.857	0.633	0.501
Malmö	2	1.000	1.000	0.985	0.852	0.721
Malmö	3	1.000	1.000	0.981	0.836	0.707
Malmö	4	1.000	1.000	0.976	0.842	0.707
Sundsvall	1	1.000	1.000	0.664	0.440	0.256
Sundsvall	2	1.000	1.000	0.994	0.785	0.580
Sundsvall	3	1.000	0.996	0.725	0.473	0.295
Sundsvall	4	1.000	1.000	0.976	0.733	0.502

## Slutkommentar

Resultatet från simulering av fuktillstånd i arton hus under tjugo dygn utan infiltration och exfiltration kan sammanfattas med följande:

- Gränsen 7 g/kg överskrids av 3, 6 och 9 hus under 10, 4 respektive 2 dygn.
- Gränsen 7 g/kg överskrids aldrig i Kiruna och inte heller för två hus i Sundsvall.
- Den relativa luftfuktigheten överskrids aldrig av tio hus varav fem i Kiruna.
- Fukttillskott 2.5 g/kg överskrids av 3, 7 och 11 hus under 10, 4 respektive 2 dygn.
- Total uppfuktning överskrider 2.5 g/kg för 13 och 18 hus under 10 respektive 4 dygn.
- Fuktverkningsgraden är hög under halva testperioden utom för Malmö.
- Fuktverkningsgraden ligger över 0.4 under 4 dygn för alla hus utom ett.
- Kondensutfällning sker för U-värde 3 W/Km<sup>2</sup> för nio hus under minst fyra dygn.