



LUND UNIVERSITY

Värmeförlust för otäta isolerade kanalsystem

Jensen, Lars

2011

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Jensen, L. (2011). *Värmeförlust för otäta isolerade kanalsystem*. (TVIT; Vol. TVIT-7072). 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

Värmeförlust för otäta isolerade kanalsystem

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2011
Rapport TVIT--11/7072



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 direktelvärmade 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.

Värmeförlust för otäta isolerade kanalsystem

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2011
ISRN LUTVDG/TVIT--11/7072--SE(25)

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

Innehållsförteckning

1	Inledning och syfte	5
2	Teori	7
3	Temperaturprofil	9
4	Resultat	11
	Kvoten U_q/U_s	12
	Kvoten U_v/U_s	14
	Kvoten U_d/U_s	16
	Relativ transmissionsförlust	18
	Relativ värmeförlust	20
	Läckageåtervinningsgrad η	22
5	Avslutning och slutsatser	25

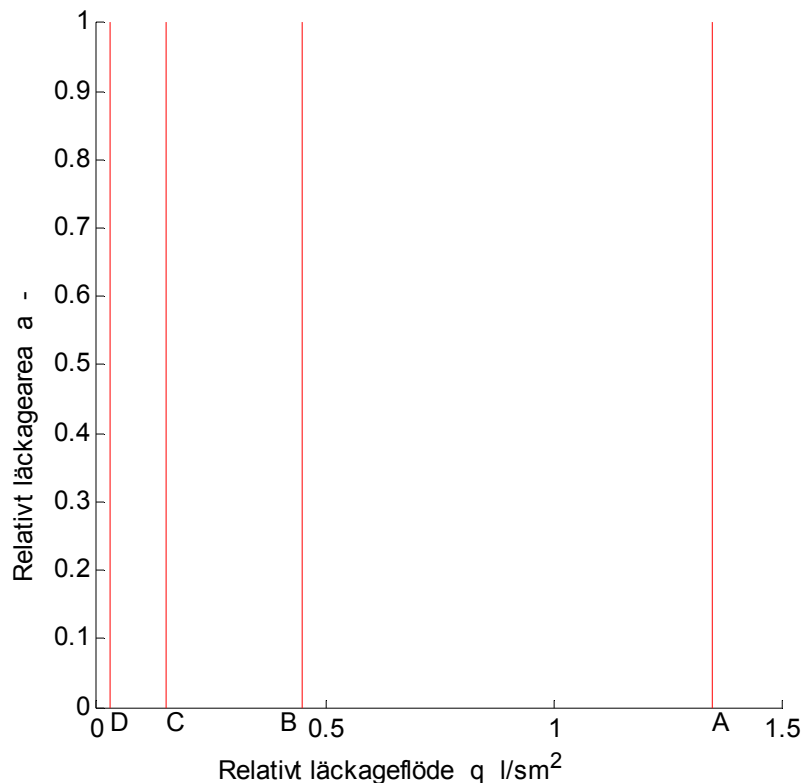
1 Inledning och syfte

Syftet med denna arbetsrapport är att undersöka hur värmeförlusten för ett icke lufttätt isolerat kanalsystem påverkas av olika läckage och andel av isoleringen som påverkas av luftläckaget.

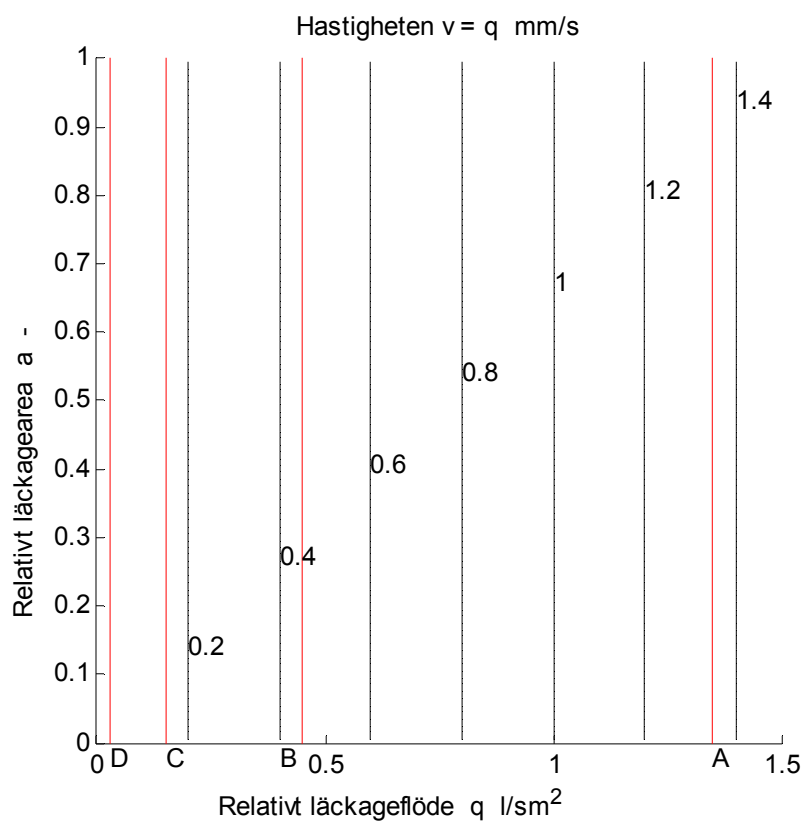
Undersökning görs för ett normaliserat fall med en isolerad kanalyta om 1 m^2 . Den del av isolering som genomströmmas behandlas som med- eller motströmsisolering enligt avsnitt 2 och jämförelse görs mot ett isolerat kanalsystem med ett läckage som inte genomströmmar isoleringen. Fallet med genomströmmad isolering har lägre värmeförlusten än fallet utan genomströmmad isolering. Ju mer isolering som genomströmmas desto lägre värmeförlust.

Detta görs med ett antal identiska isodiagram med x-axeln som relativt luftläckage $q \text{ l/sm}^2$ och y-axeln som påverkad isolerandel a – enligt Figur 1.1 nedan med inritade gränser för täthetsklasserna A, B, C och D med de relativa flödena 1.35, 0.45, 0.15 respektive 0.05 l/sm^2 , vilka även siffermässigt kan tolkas som en fronthastighet med dimensionen mm/s .

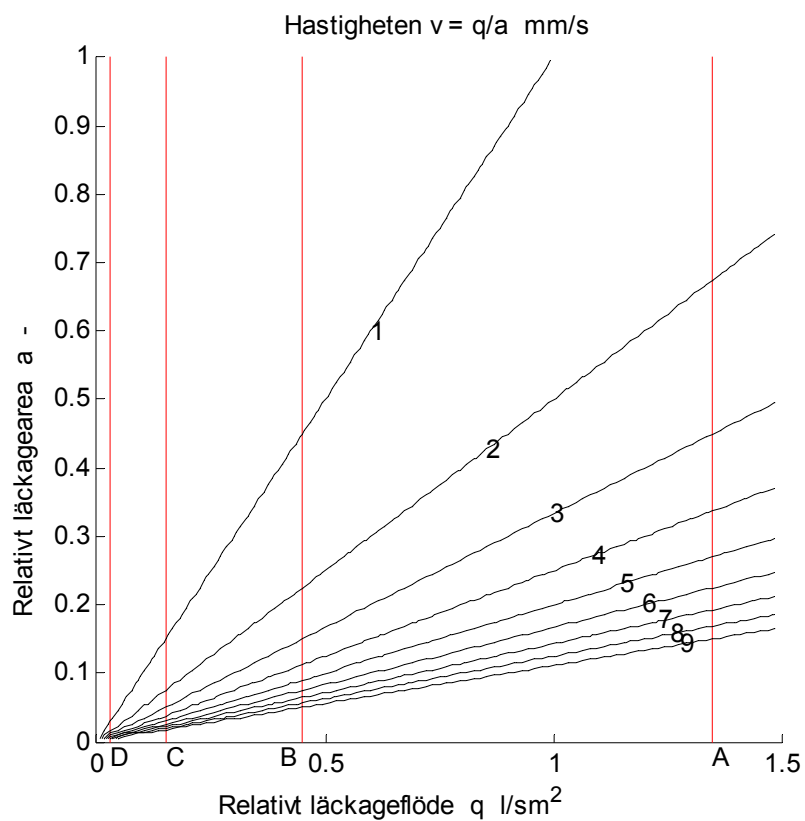
Lufthastigheten för läckaget kan redovisas totalt eller utslaget över hela kanalsystemets yta som i Figur 1.2, vilket blir $v = q$ eller lokalt som $v = q/a$ som visas i Figur 1.3.



Figur 1.1 Genomgående isodiagram.



Figur 1.2 Total läckagehastighet $v = q$ mm/s.



Figur 1.3 Lokal läckagehastighet $v = q/a$ mm/s.

2 Teori

Kanalsystemets yta har normerats till 1 m². Temperaturskillnaden mellan kanal och omgivning behandlas inte utan i stället används specifika värmeförluster. Utgångsfallets specifika värmeförlust p_0 W/Km² kan förenklat skrivas som:

$$p_0 = \lambda/d + \rho c q \quad (\text{W/Km}^2) \quad (2.1)$$

Termen λ/d är en förenkling av transmissionsförlusten och isoleringen behandlas som plan och utan hänsyn till inre och yttre övergångstal. Termen $\rho c q$ är läckageflödets specifika värmeförlust.

Uttrycket (2.1) kan även skrivas om genom att införa $U_s = \lambda/d$ och $U_q = \rho c q$ vilket blir:

$$p_0 = U_s + U_q \quad (\text{W/Km}^2) \quad (2.2)$$

Lufthastigheten för den antagna genomströmmade isolerandelen a kan beräknas som:

$$v = q / a \quad (\text{mm/s}) \quad (2.3)$$

Notera att sorten för flöde och hastighet är l/s respektive mm/s och normalt m³/s och m/s. Värdet för ρc är därför 1.2 J/Kl och inte 1200 J/Km³.

Genomströmningen är ytterst idealiserad till att vara vinkelrätt mot den antagna plana isoleringen för den andel som genomströmmas.

Den använda teorin är hämtad från en arbetsrapport BKL 1982:2 med titel Dynamisk värmeisolering och ventilationsvärmeåtervinning av Lars Jensen. Begreppet dynamisk isolering är missvisande och en bättre nomenklatur är med- eller motströmsisolering.

Det specifika U-värdet för isolering som genomströmmas kan beräknas med en reduktionsfaktor r som är en funktion av hjälpparameter b bestämd enligt nedan.

$$U_d = r U_s \quad (\text{W/Km}^2) \quad (2.4)$$

$$r = b e^{-b} / (1 - e^{-b}) \quad (-) \quad (2.5)$$

$$b = \rho c q / a (\lambda/d) = U_q / a U_s \quad (-) \quad (2.6)$$

Om läckageflödet q är noll blir $b = 0$ och $r = 1$ samt därmed $U_d = U_s$.

Den specifika transmissionsförlusten för kanalsystemet med andelen a genomströmmad isolering kan skrivas som följer:

$$p_t = (1 - a) U_s + a U_d \quad (\text{W/Km}^2) \quad (2.7)$$

Detta värde kan jämföras med transmissionsförlusten för ett fall utan genomströmmad isolering, vilket är just U_s . Det går därför att beräkna en reduktionsfaktor för transmissionsförlusten mellan delvis genomströmmad och icke genomströmmad isolering på formen:

$$r_t = 1 - a + a U_d / U_s \quad (-) \quad (2.8)$$

Uttrycket (2.8) visar att om läckaget är ytterst lokalt ($a = 0$) blir reduktionsfaktorn r_t ett. Det är ingen skillnad mellan de två fallen. Den andra ytterligheten med all isolering genomströmmad ($a = 1$) resulterar i kvoten U_d / U_s .

Den specifika totala värmeförlusten (både transmission och läckage) för kanalsystemet med andelen a genomströmmad isolering kan skrivas som följer:

$$p_{tl} = (1 - a) U_s + a U_d + U_q \quad (\text{W/Km}^2) \quad (2.9)$$

Detta värde kan jämföras med ett fall utan genomströmmad isolering enligt (2.1). Det går därför att beräkna en reduktionsfaktor r_{tl} mellan delvis genomströmmad och icke genomströmmad isolering på formen:

$$r_{tl} = [(1 - a) U_s + a U_d + U_q] / [U_s + U_q] \quad (-) \quad (2.10)$$

Även detta uttryck (2.10) visar att reduktionsfaktorn r_{tl} blir ett om läckaget är ytterst lokalt ($a = 0$). Om isoleringen är helt jämnt fördelat ($a = 1$) fås uttrycket:

$$r_{tl} = [U_d + U_q] / [U_s + U_q] \quad (-) \quad (2.11)$$

Detta ger en under gräns reduktionen och notera att U-värdet för den genomströmmad isoleringen U_d är en funktion av parameter a .

Effekten av den genomströmmad isoleringen kan räknas om till en motsvarande läckageåtervinningsgrad η rent ventilationstekniskt på formen:

$$\eta = (U_s - U_d) / U_v \quad (-) \quad (2.12)$$

Nämnarens U-värde definieras som $U_v = U_q / a = \rho c q / a = \rho c v$.

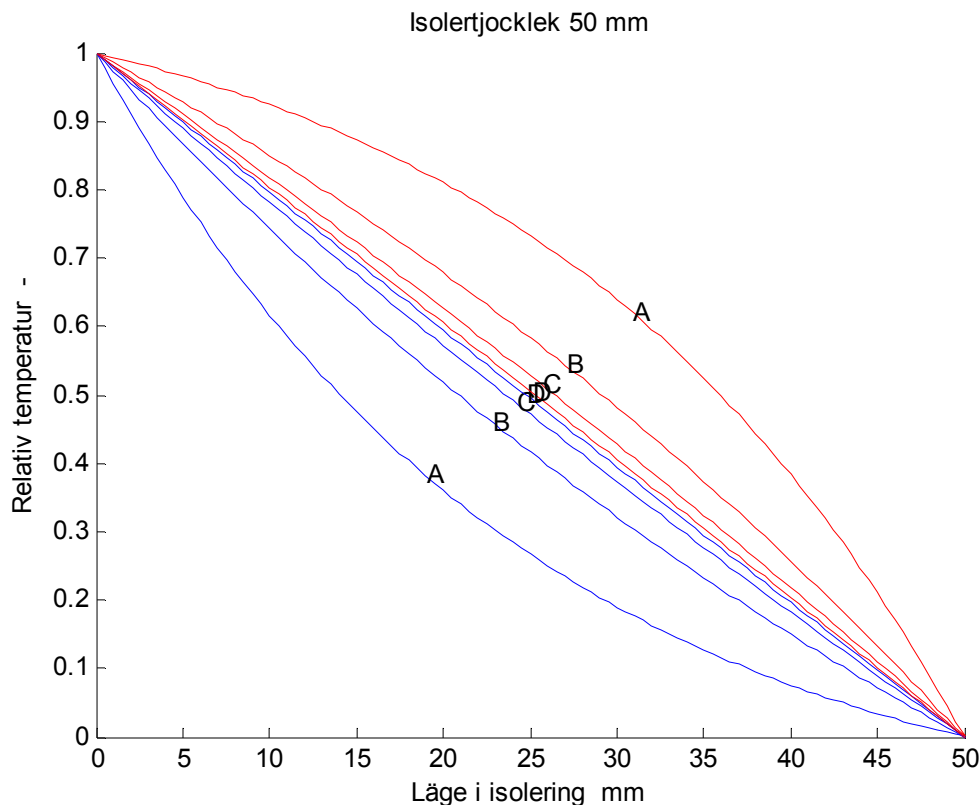
3 Temperaturprofil

Hur temperaturprofilen är både medströmsisolering och motströmsisolering redovisas här. Medström innebär att strömning och värmeström går åt samma håll och motström olika. Temperaturprofilen för motströmsisolering kan för läget x m, isolertjockleken d m, den förenklade modellen i avsnitt 2, parametern b enligt (2.6) med parametern $a = 1$ samt med den högre temperaturen T_{max} och den lägre T_{min} skrivas som:

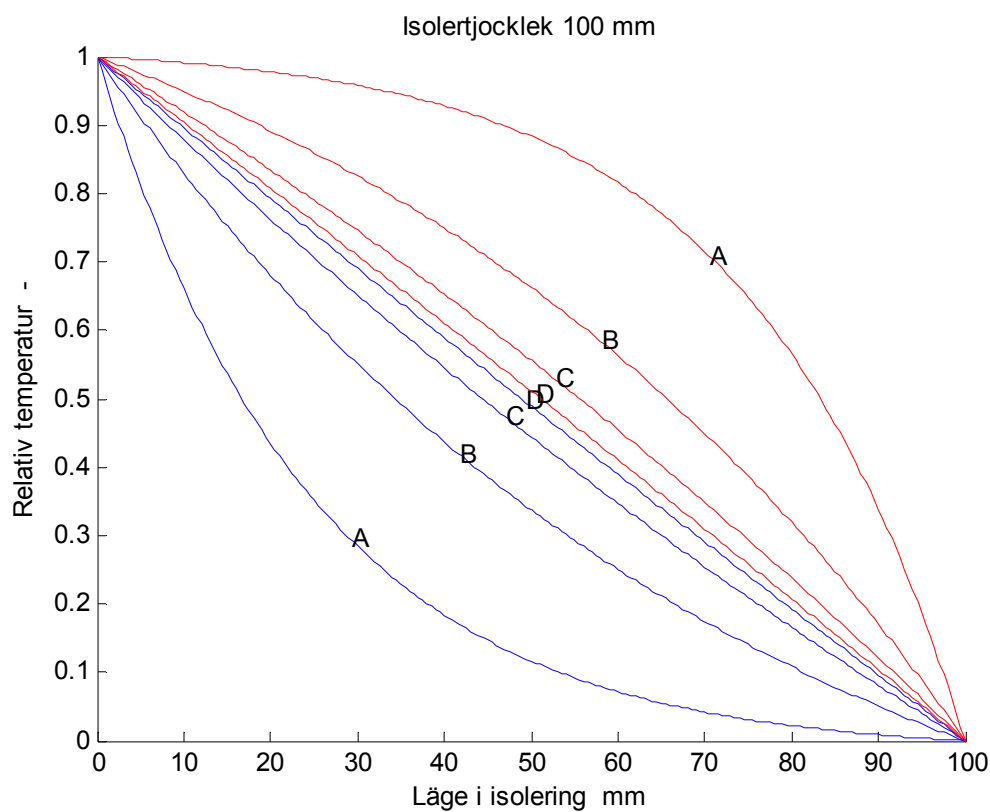
$$T_{med}(x) = T_{max} - (T_{max} - T_{min})(1 - e^{-bx/d})/(1 - e^{-b}) \quad (^\circ\text{C}) \quad (3.1)$$

Fallet med medströmsisolering fås genom att byta tecken på b enligt (2.6). De relativa temperaturprofiler normerat mot intervallet (T_{min}, T_{max}) redovisas i Figur 3.1-3 för isolertjocklekarna 50, 100 respektive 200 mm och de fyra täthetsklassernas läckage.

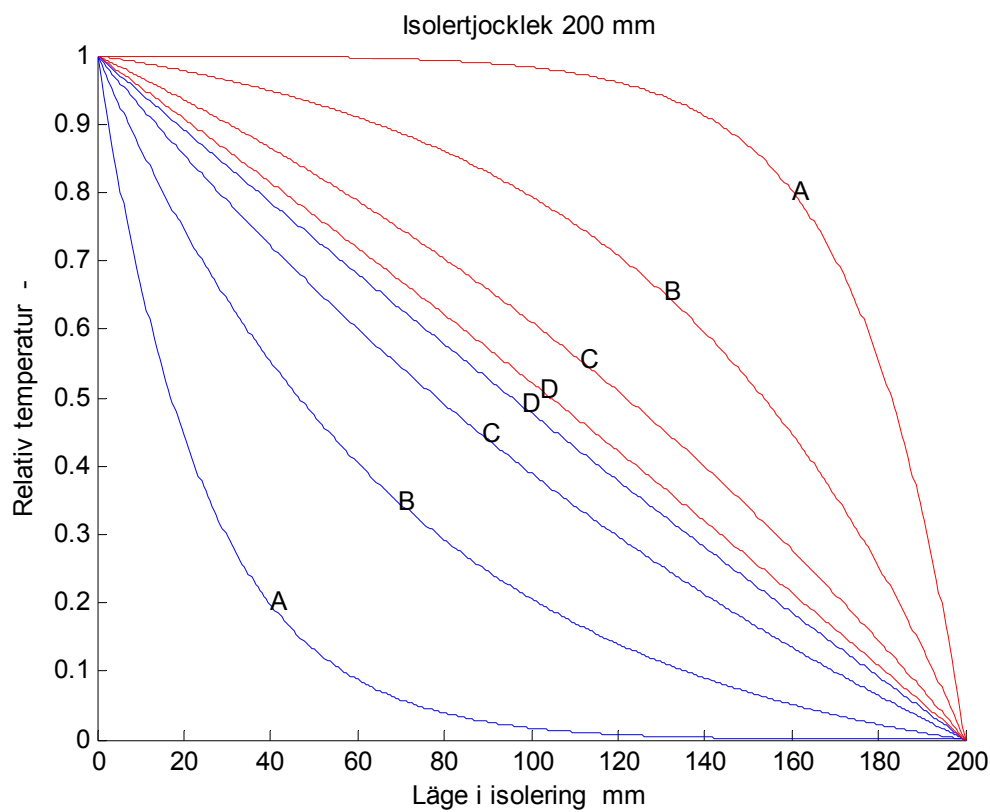
Motströmsisolering med de fyra nedre kurvorna visar att lutningen är mycket högre till vänster än det statiska fallet utan genomströmning, vilket beskriver en högre transmissionsförlust som återvinns av motströmmen. Samma sak till vänster där lutningen mycket lägre än den statiska, vilket beskriver en lägre transmissionsförlust lika med den dynamiska. Medströmsisolering med de fyra övre kurvorna motsvarar en omkastning av både x- och y-axel.



Figur 3.1 Relativ temperaturprofil för 50 mm isolering samt med- och motströmsisolering.



Figur 3.2 Relativ temperaturprofil för 100 mm isolering samt med- och motströmsisolering.



Figur 3.3 Relativ temperaturprofil för 200 mm isolering samt med- och motströmsisolering.

4 Resultat

Tre fall med isolertjocklekarna 50, 100 och 200 mm har genomräknats och sex olika variabler redovisas med ett uppslag för varje variabel i Figur 4.1-18 enligt sammanställning nedan.

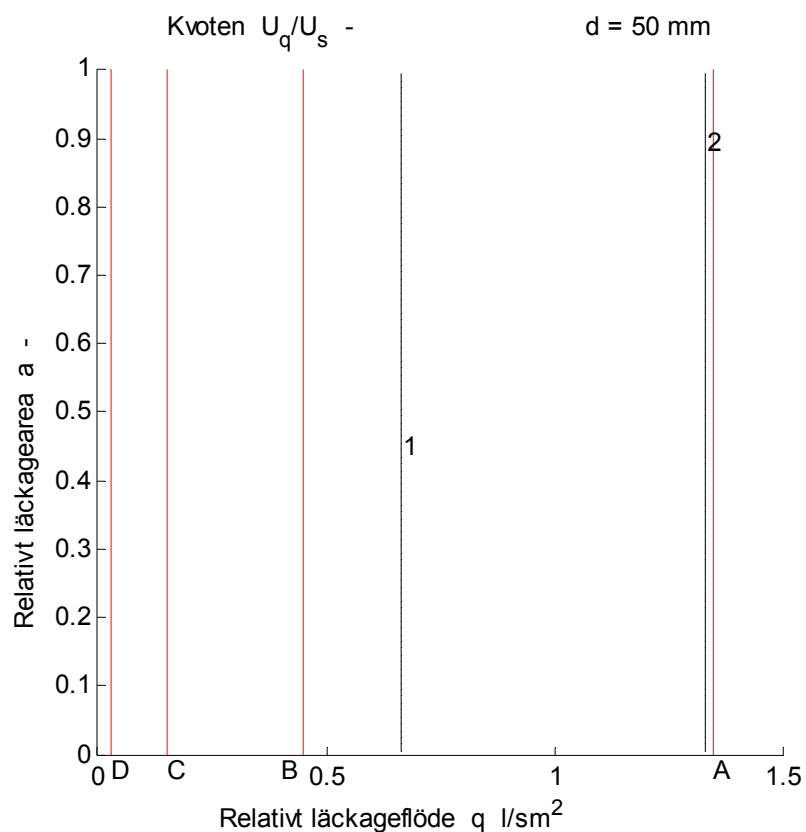
Isoleringens värmeledningstal har satts till 0.040 W/Km.

variabel	samband	$d = 50$ mm	$d = 100$ mm	$d = 200$ mm
U_q/U_s	se text	4.1	4.2	4.3
U_v/U_s	se text	4.4	4.5	4.6
r	(2.5)	4.7	4.8	4.9
r_t	(2.8)	4.10	4.11	4.12
r_{tl}	(2.10)	4.13	4.14	4.15
η	(2.12)	4.16	4.17	4.18

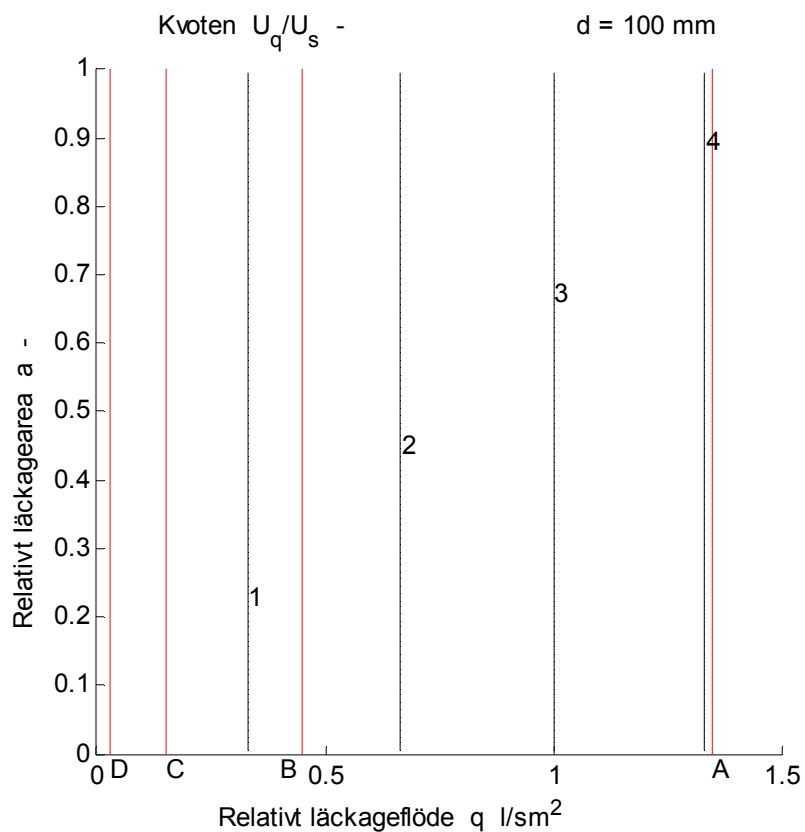
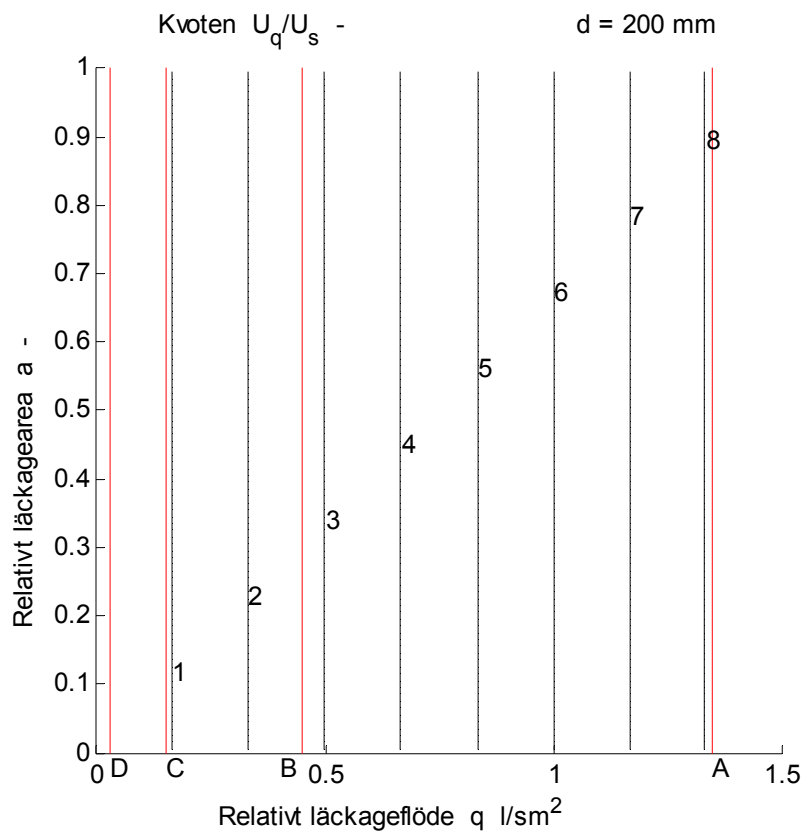
Varje variabel kommenteras uppslagsvis.

Kvoten U_q/U_s

Kvoten mellan läckagets värmeförlust och värmeförlusten för icke genomströmmad isolering redovisas i Figur 4.1-3 för de tre isolertjocklekarna. Isolinjerna visar att kvoten är givetvis oberoende av andelen genomströmmad isolering enligt parametern a . Kvoten är hög och ökar med ökande isolertjocklek samt visar att läckageförlusterna kan vara flera gånger större än den icke genomströmmade isoleringens värmeförlust.

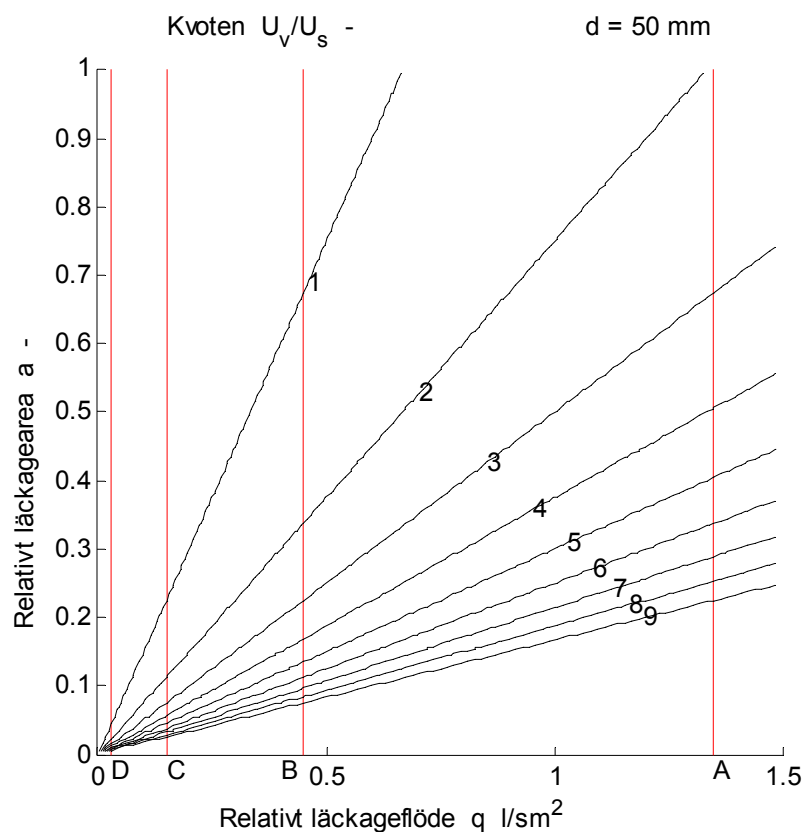


Figur 4.1 Kvoten U_q/U_s för 50 mm isolering.

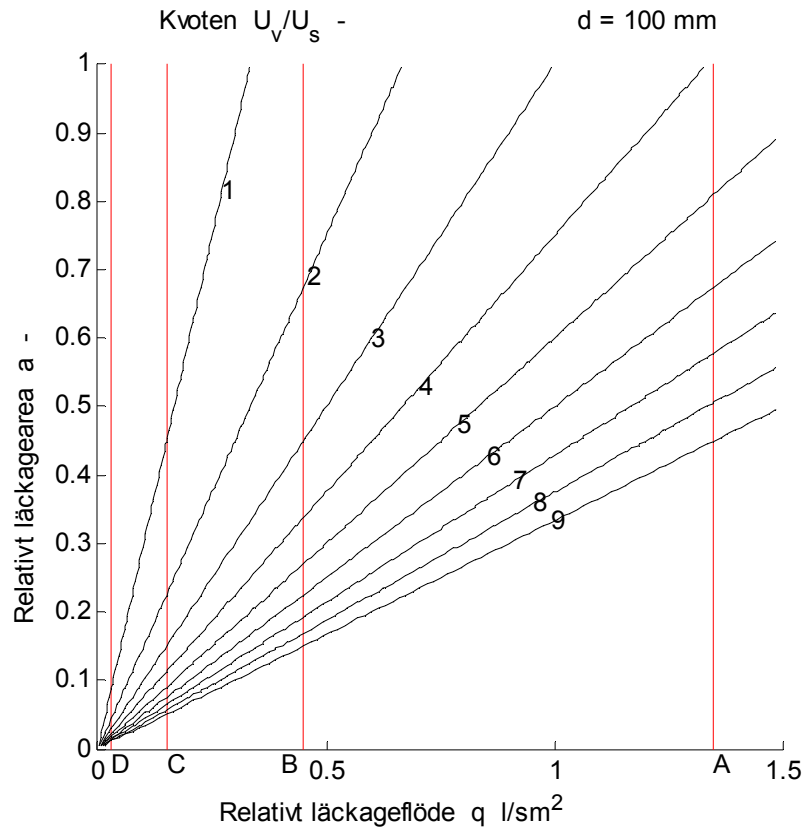
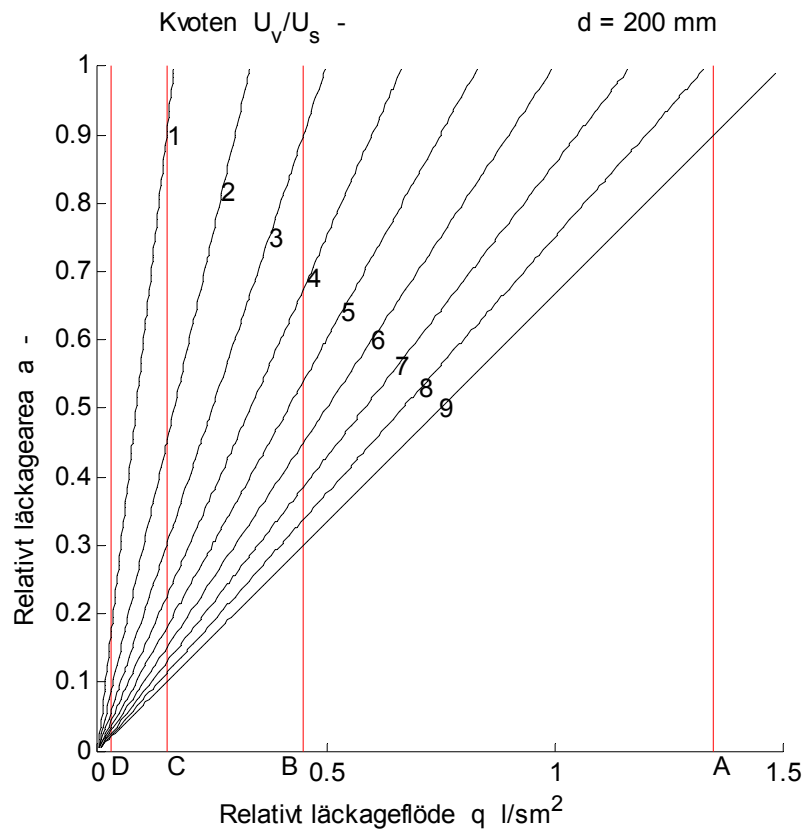
Figur 4.2 Kvoten U_q/U_s för 100 mm isolering.Figur 4.3 Kvoten U_q/U_s för 200 mm isolering.

Kvoten U_v/U_s

Kvoten mellan läckagets lokala värmeförlust och värmeförlusten för icke genomströmmad isolering redovisas i Figur 4.4-6 för de tre isolertjocklekarna. Isolinjerna visar att kvoten är direkt beroende av andelen genomströmmad isolering enligt parametern a . Kvoten är hög och ökar med ökande isolertjocklek samt visar att läckageförlusterna lokalt fördelade kan vara flera gånger större än den icke genomströmmade isoleringens värmeförlust.



Figur 4.4 Kvoten U_v/U_s för 50 mm isolering.

Figur 4.5 Kvoten U_v/U_s för 100 mm isolering.Figur 4.6 Kvoten U_v/U_s för 200 mm isolering.

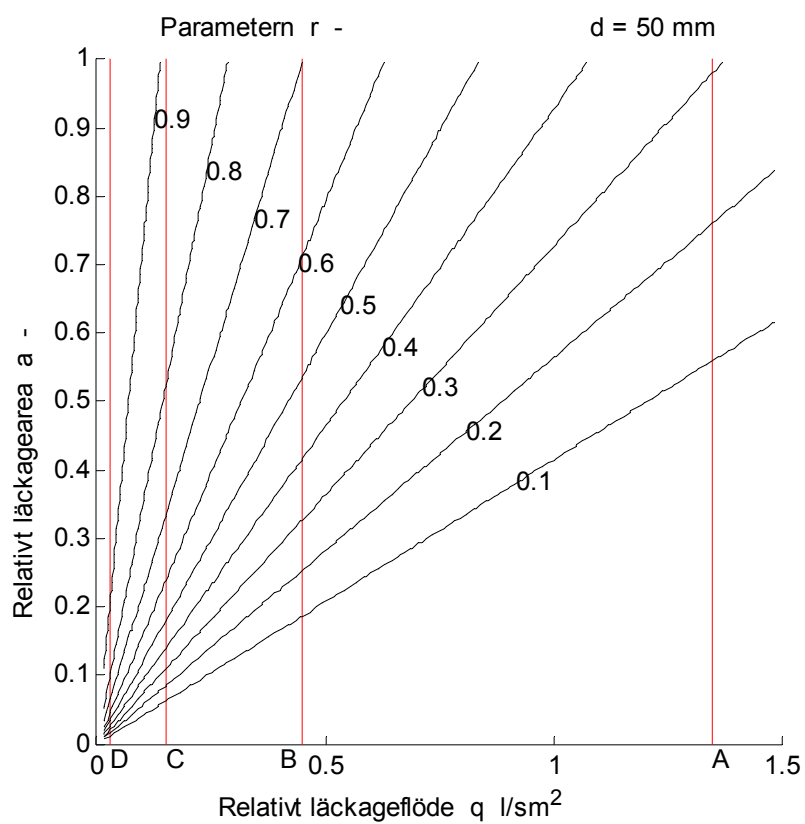
Kvoten U_d/U_s

Kvoten U_d/U_s beräknad som parameter r enligt (2.5) redovisas i Figur 4.7-9 för tre isolertjocklekar.

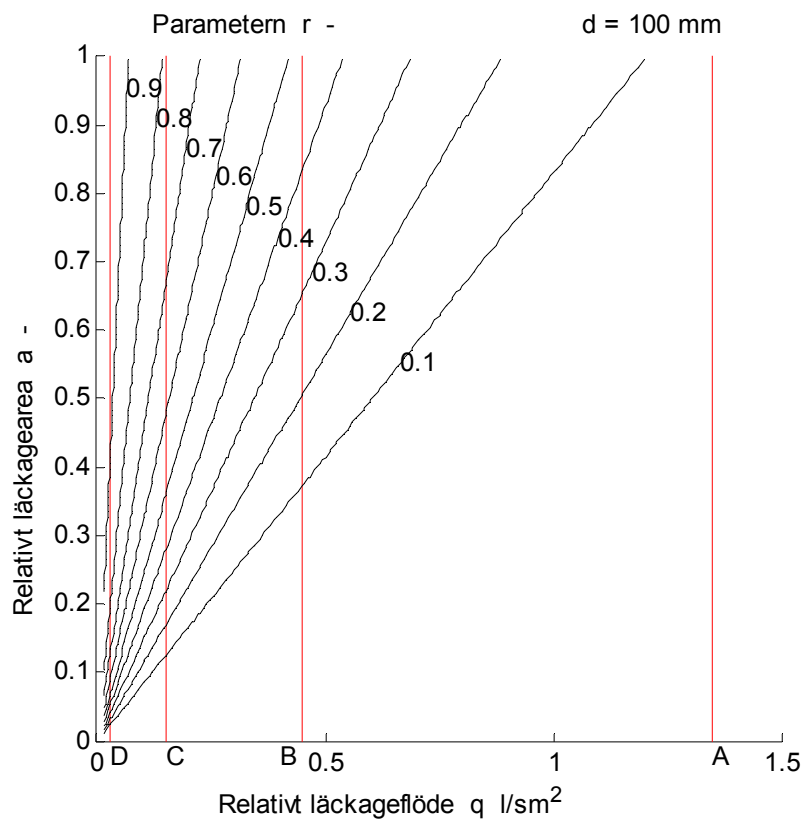
Kvoten U_d/U_s eller parameter r ökar ju mer av isolering som genomströmmas.

Kvoten U_d/U_s eller parameter r avtar ju med läckaget ökar.

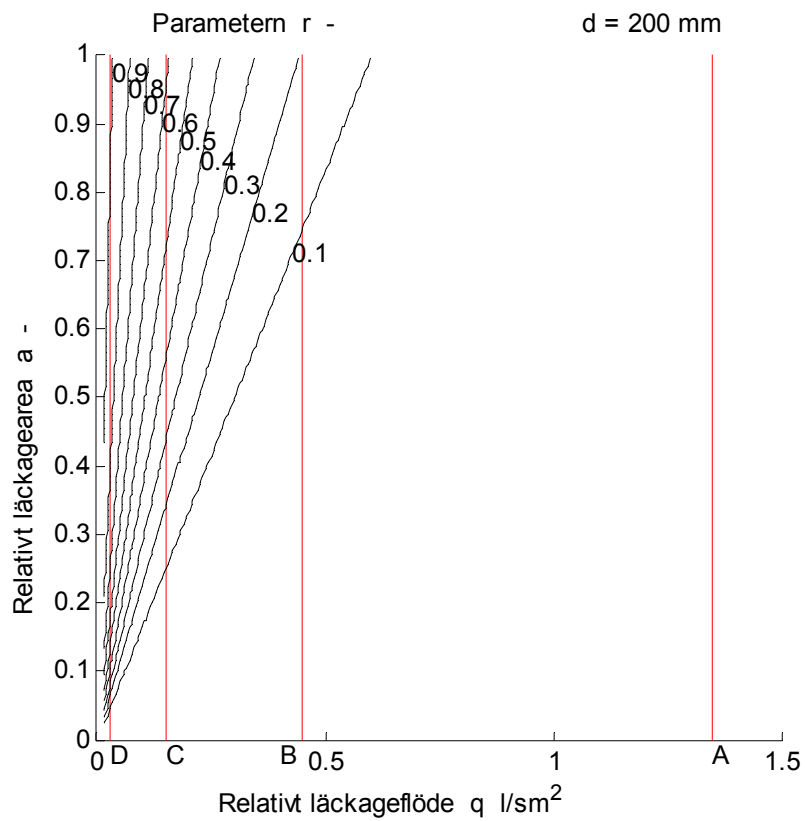
Kvoten U_d/U_s eller parameter r avtar med ökande isolertjocklek.



Figur 4.7 Kvoten U_d/U_s för 50 mm isolering.



Figur 4.8 Kvoten U_d/U_s för 100 mm isolering.



Figur 4.9 Kvoten U_d/U_s för 200 mm isolering.

Relativ transmissionsförlust

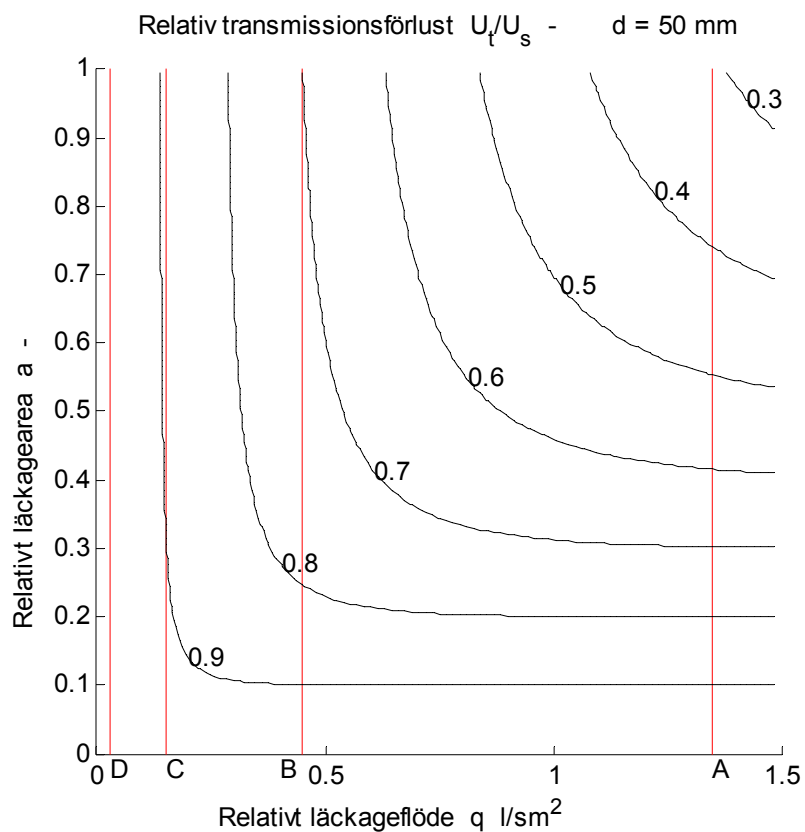
Den relativa transmissionsförlusten r_t mellan delvis genomströmmad isolering och icke genomströmmad isolering enligt (2.8) redovisas i Figur 4.10-12 för tre olika isolertjocklekar.

Den relativa transmissionsförlusten avtar ju större andel av isoleringen som genomströmmas.

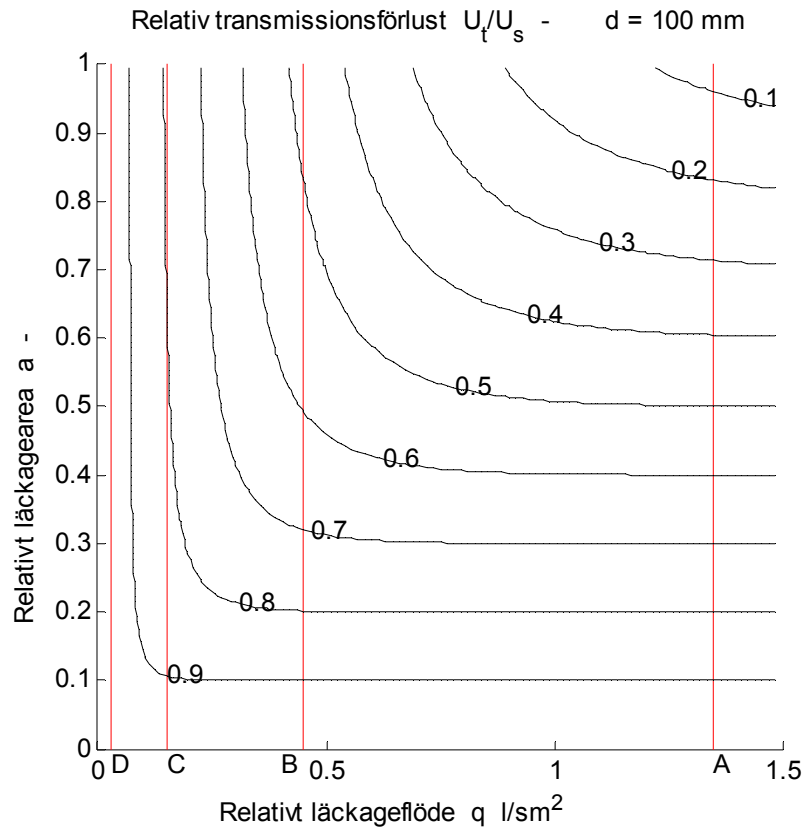
Den relativa transmissionsförlusten avtar med ökande luftläckage.

Den relativa transmissionsförlusten kan förenklat anges som $r_t = 1 - a$ för $q > 1.5 a$. Detta innebär att U-värdet U_d är nästan noll eller att parametern r enligt (2.5) är nästan noll, vilket framgår i Figur 4.7-9.

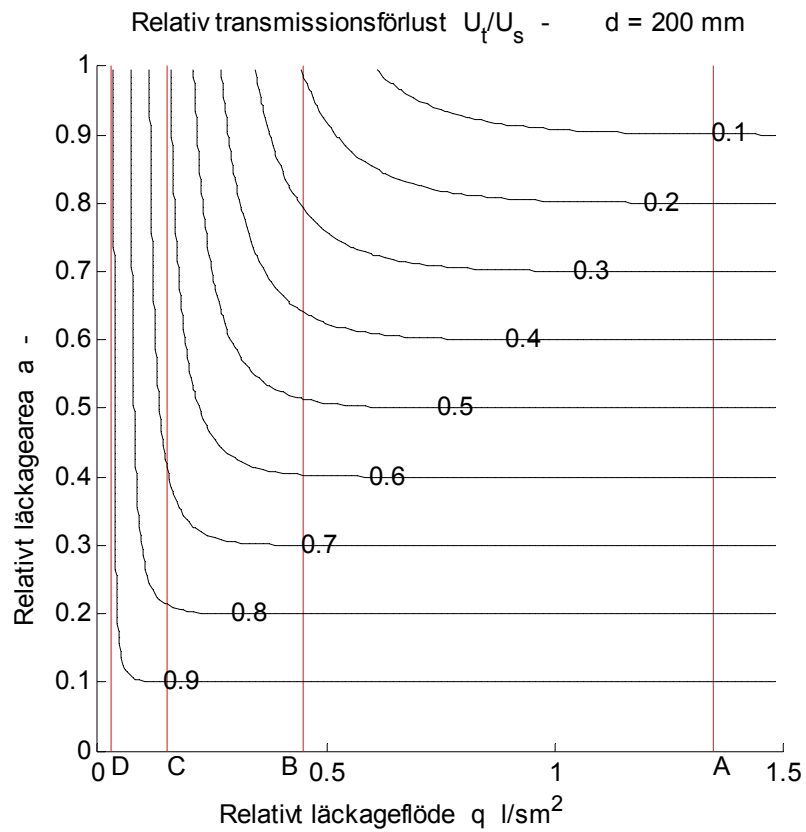
Huvudslutsatsen är att minskningen av transmissionsförlusten är relativt sett liten och mindre än den genomströmmad isolerandel eller parameter a .



Figur 4.10 Relativ transmissionsförlust för 50 mm isolering.



Figur 4.11 Relativ transmissionsförlust för 100 mm isolering.



Figur 4.12 Relativ transmissionsförlust för 200 mm isolering.

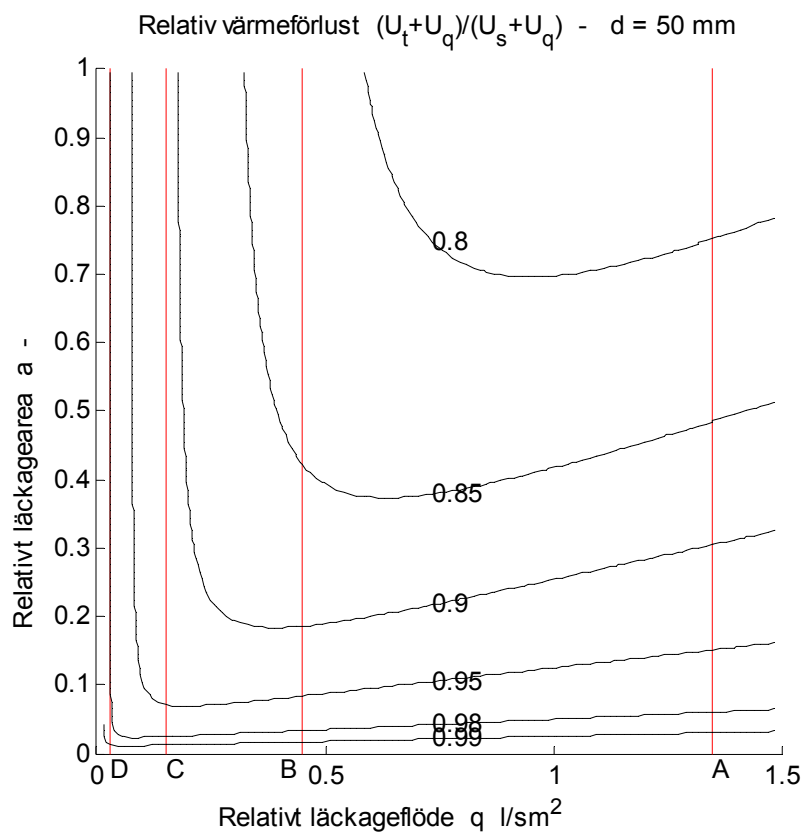
Relativ värmeförlust

Den relativa transmissionsförlusten r_{tl} mellan delvis genomströmmad isolering och icke genomströmmad isolering enligt (2.9) redovisas i Figur 4.13-15 för tre olika isolertjocklekar.

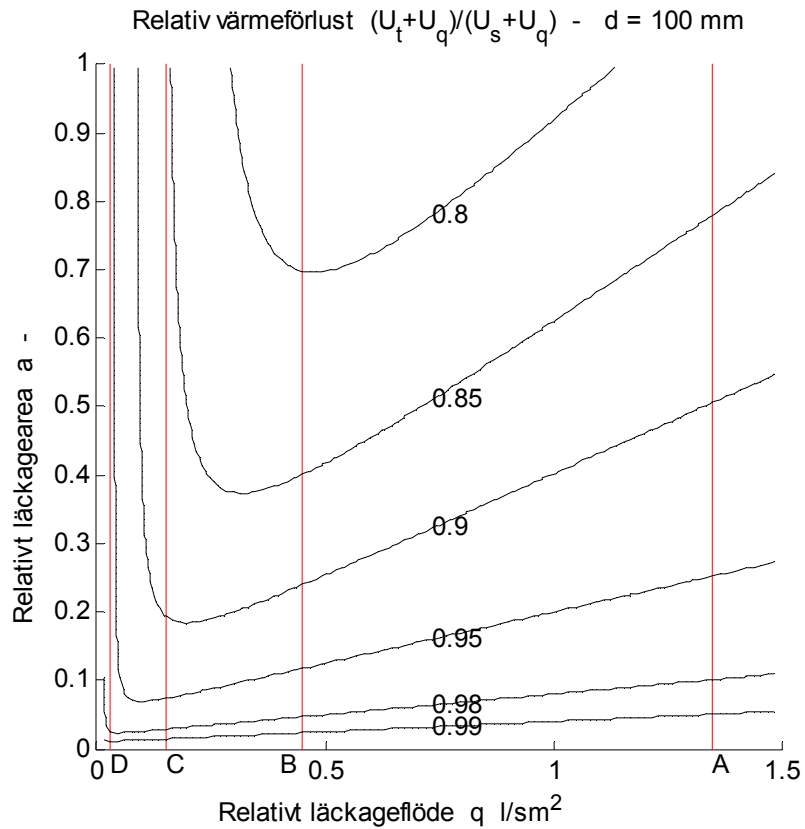
Den relativa värmeförlusten avtar ju större andel av isoleringen som genomströmmas.

Den relativa värmeförlusten avtar med ökande luftläckage över en diagonal $a > q/1.5$ samt ökar under den samma.

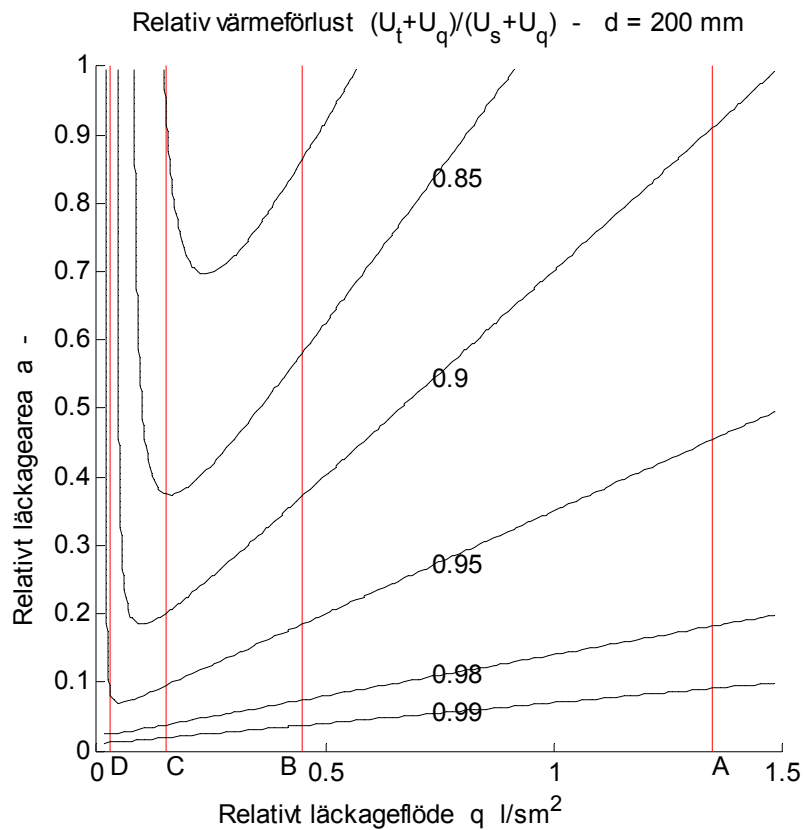
Huvudslutsatsen är att minskningen av värmeförlusten är relativt sett liten och klart mindre än den genomströmmad isolerandel eller parameter a .



Figur 4.13 Relativ värmeförlust för 50 mm isolering.



Figur 4.14 Relativ värmeförlust för 100 mm isolering.



Figur 4.15 Relativ värmeförlust för 200 mm isolering.

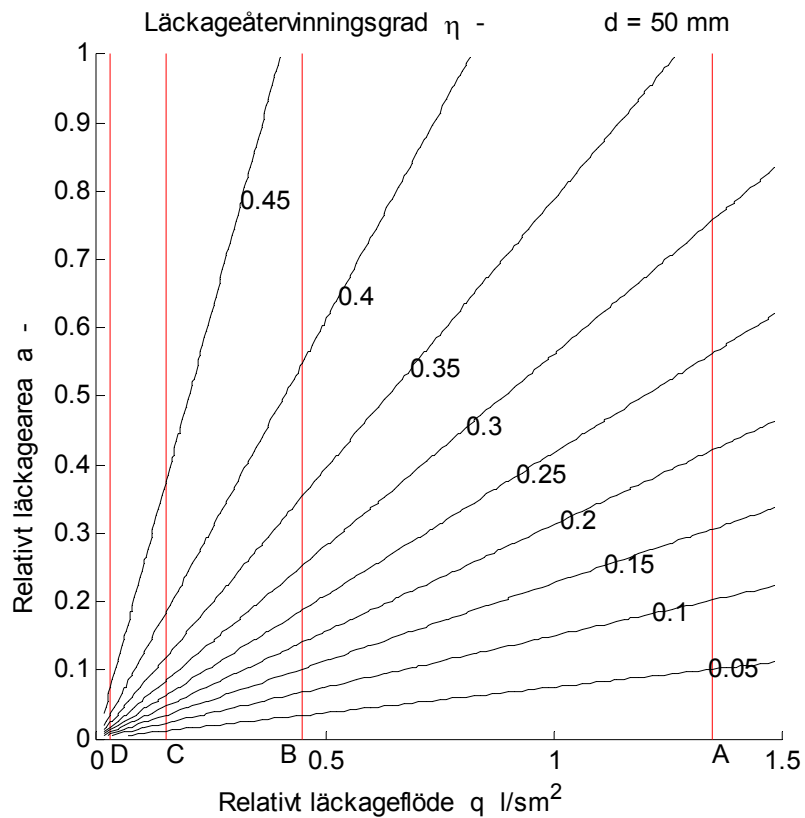
Läckageåtervinningsgrad η

Läckageåtervinningsgrad η beräknad enligt (2.12) redovisas i Figur 4.16-18 för tre isolertjocklekar. Isolinjerna visar att återvinningsgraden inte överstiger 0.5, vilket kan visas teoretiskt.

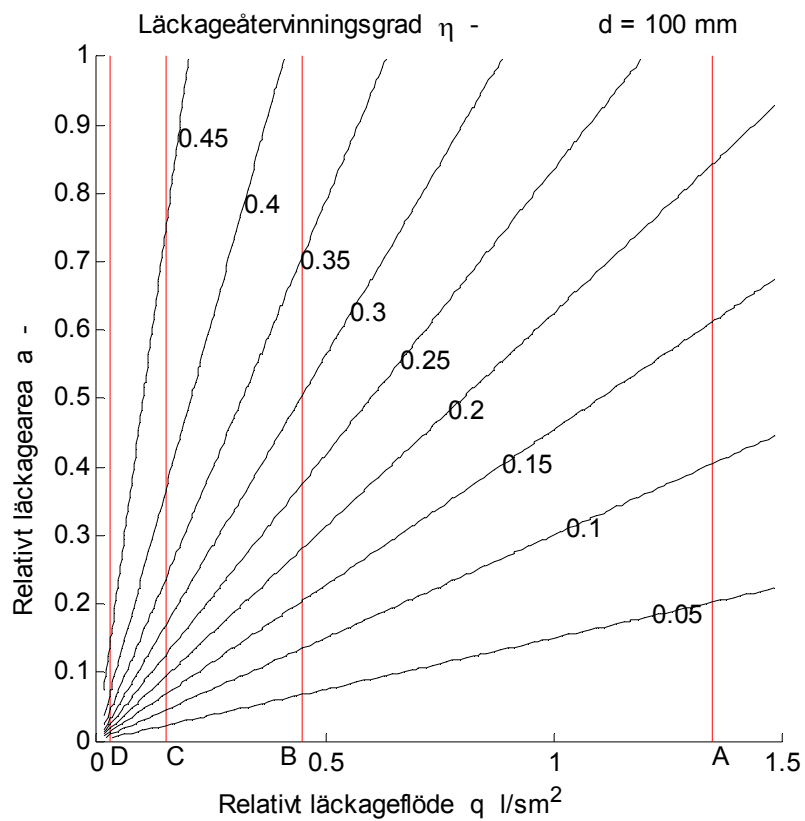
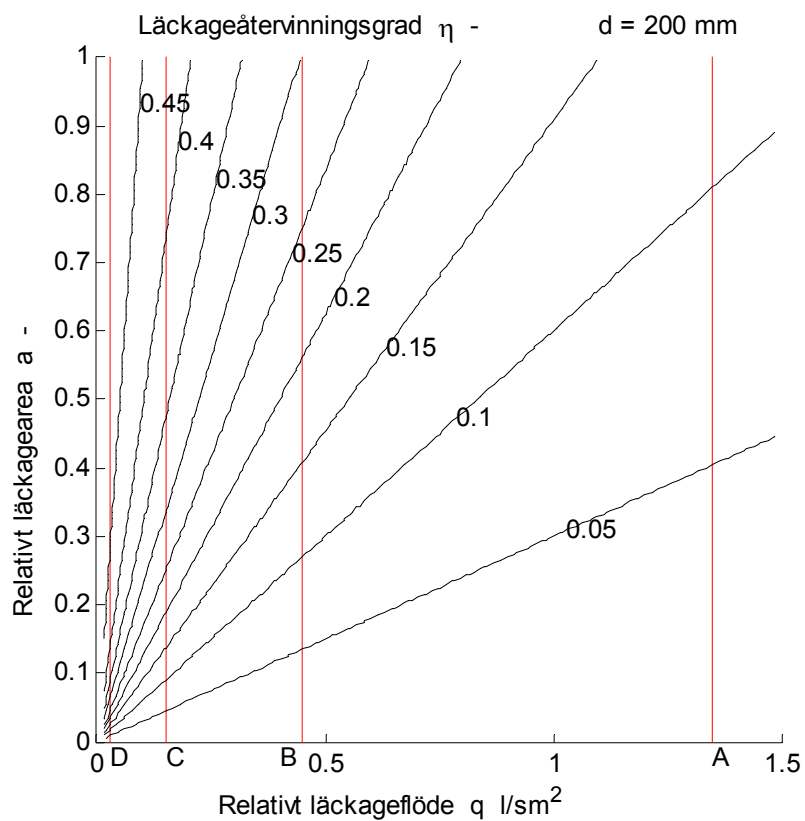
Läckageåtervinningsgraden ökar ju mer av isolering som genomströmmas.

Läckageåtervinningsgraden avtar ju med läckaget ökar.

Läckageåtervinningsgraden avtar med ökande isolertjocklek.



Figur 4.16 Läckageåtervinningsgrad η för 50 mm isolering.

Figur 4.17 Läckageåtervinningsgrad η för 100 mm isolering.Figur 4.18 Läckageåtervinningsgrad η för 200 mm isolering.

4 Avslutning och slutsatser

Huvudslutsatsen är att om kanalsystemets isolering genomströmmas till en del enligt förutsättningarna vinkelrätt mot den antagna plana isoleringen blir värmeförlusten alltid mindre än för ett fall där läckaget är ytterst lokalt och därmed inte påverkar eller utnyttjar isoleringens egenskaper.

Utfallet i praktiken blir givetvis något mindre än det enligt ideala förutsättningar redovisade.

En viss värmeåtervinning kan ske med en återvinningsgrad mindre än 0.5.

Den relativa minskningen för transmissionsvärmeförlusten kan högst vara lika med den genomströmmade isolerandelen. Detta kan tolkas som om U-värdet för den genomströmmade delen är noll.

Den redovisade teorin och resultaten kan tillämpas oberoende om läckage är från kanalsystemet eller till kanalsystemet samt även om kanalsystemet är varmare eller kallare än omgivningen. Detta motsvarar egentligen fyra olika fall.

Beräkningar har förenklats till plan isolering med isolertjocklekar 50, 100 och 200 mm samt värmeledningstalet 0.040 W/Km har använts. Inre och yttre värmeövergångstal har försummats.

Andelen genomströmmad isolering kan uppskattas till högst två isolertjocklekar multiplicerad med kanalsystemets skarvlängd per m². En kanalskarv har en längd lika med kanalens omkrets.

De relativa temperaturprofilerna som redovisas i Figur 3.1.3 avser isolering genomströmmad med läckageflödet fördelat över hela ytan eller med en lufthastighet i mm/s siffermässigt lika med täthetsklassens nominella läckflöde med sorten l/sm². Temperaturprofiler med hög lutning motsvarar hög transmission och låg lutning låg transmission. Nästan horisontella temperaturprofiler innebär att transmissionsförlusten är nästan noll samt att värmeförlusten enbart består av en ventilations- eller läckageförlust.