



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Analys av värmekulvertar inom gruppcentraltekniken

Birger Abrahamson

Analys av värmekulvertar inom gruppcentraltekniken

Birger Abrahamson, Fjärrvärmebyrån Ab

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08/ 34 09 80

April 1985
ISSN 0282-3772

PROJEKT E 37

Rapport avseende analys av värmekulvertar inom gruppcentraltekniken

FÖRORD

Det blir allt vanligare att de lokala fjärrvärmeverken övertar ägande och skötsel av sekundära värmekulvertsystem. Motivet för övertagande är oftast att verken, i motsats till de ursprungliga ägarna, har sådana tekniska och personella resurser som erfordras för en rationell skötsel av systemen.

Inför övertagande av ansvaret för ett ledningssystem är det angeläget att verifiera dess funktion och allmänna status. Statusen hos äldre ledningar varierar kraftigt och är svår att kontrollera. I många fall är värmeledningar, på grund av brister i utförande och skötsel, i dåligt skick.

Syftet med denna analys är:

att undersöka tillståndet hos befintliga värmekulvertar och utröna om det är möjligt att gradera konditionen med utgångspunkt från kulverttyp, ålder, konstruktionsprincip, byggnadsätt m m samt

att upprätta en allmängiltig värderingsrekommendation i syfte att bedömningar avseende erforderliga insatser för reparation, skötsel och underhåll samt förnyelse i befintliga sekundära ledningssystem, skall bli så likvärdiga och rättvisande som möjligt.

Analysen har genomförts genom:

- A. Inventering och sammanställning av, i sekundärsystem, vanligast förekommande kulverttyper rör- och isoleringsmaterial m m.
- B. Bearbetning av enkätsvar avseende skadefrekvens m m.
- C. Teoretisk analys av värmeförluster hos olika förekommande kulverttyper vid varierande driftförhållanden.
- D. Praktiska försök att med hjälp av termofotografering bedöma äldre ledningars kondition.

SAMMANFATTNING

Med sekundära ledningssystem avses i denna rapport, dels sådana ledningssystem som via värmeväxlare är anslutna till fjärrvärme, dels sådana system som distribuerar värme från lokala värmecentraler, blockcentraler.

Ledningsnät för sekundär värmedistribution har byggts sedan mitten av 1940-talet.

Mediarören i kulvertarna har hela tiden utgjorts av stålrör och utvecklingen har i detta avseende inskränkt sig till standardisering av stålmaterial och förbättring av skarvmeter. Värmeisoleringen var i de äldre kulverttyperna övervägande av mineralull och är i nyare typer nästan uteslutande av polyuretanskum. Vad avser yttre skyddsrör har utvecklingen gått från cement- och betongrör till rör av PVC och polyeten. Utvecklingen har också präglats av en allt intensivare prefabricering av kulvertkomponenter, vilket inneburit en påtaglig standardhöjning.

I denna rapport har behandlats de fem vanligast förekommande kulverttyperna och var och en av dessa i två varianter, 2-rörskulvert respektive 4-rörskulvert. Se textplansch 1 och 2.

Skadefrekvensen i dessa äldre sekundärledningsnät har varit förhållandevis hög. Skadeorsaken har i övervägande antalet fall varit att ytvatten och grundvatten läckt in i kulvertsystemen och förosakat korrosionsskador och isoleringsskador.

Isoleringsstandarden i dessa äldre ledningar är ca 20% lägre än i de bättre isolerade ledningar som byggts de senaste åren. För överslagsmässig beräkning av värmeförluster har diagram upprättas visande beräknade förluster i olika kulverttyper och under olika driftförhållanden. Se diagram 1-20. Analysen visar att värmeförlusterna i sekundärsystem uppgår till 65 à 75% av motsvarande förluster i primärsystem vid normala temperaturförhållanden. Ett beräkningsexempel visar att värmeförlusterna i ett villaområde uppgår till ca 22% av beräknad förbrukning vid primäranslutning och till ca 17 respektive 16% vid sekundäranslutning med 2-rörs-respektive 4-rörs-kulvert.

Praktiska försök har gjorts att med hjälp av termografi bedöma tillståndet hos äldre ledningssystem. Försöken har visat att termografitekniken är ett utmärkt hjälpmedel då det gäller att generellt bedöma status och kondition hos befintliga äldre ledningssystem, dock att tekniken behöver utvecklas framför allt vad avser bildtolkning.

Förslag till utvecklingsinsatser

Värmeförlusterna från ledningsnät som distribuerar värme inom områden med låg värmedensitet (ex villaområden) är förhållandevis mycket stora. Betydande besparingar kan göras genom optimering av temperaturprogrammen, eventuellt i kombination med installation av återvinningsanläggningar. Jämförs ett primärsystem med ett sekundärsystem där varmvattenberedningen läggs över till återvinningsystem eller liknande kan nätförlusterna reduceras med upp till 60%. Möjlighet finns också att genom tilläggsisolering reducera nätförlusterna.

Angelägna utvecklingsinsatser är:

att studera möjligheter och lämna rekommendationer angående åtgärder avseende systemmodifikationer i avsikt att reducera nätförluster.

att tekniskt och ekonomiskt studera möjligheterna att reducera nätförluster genom tilläggsisolering av äldre ledningssystem.

Termografitekniken erbjuder möjligheter att bedöma status och kondition hos äldre ledningsnät. Tekniken är utvecklingsbar i många avseenden. För att väl kunna utnyttja nu tillgängliga teknikresurser behövs bättre instrument för tolkning av resultaten. Detta borde vara möjligt att åstadkomma genom

att framställa serier med jämförelsebilder liknande ex ASME:s röntgenatlas. Kan möjligen ske genom metodiska prov på särskilda testledningar där olika förhållanden och skador simuleras.

Västerås juni 1984

FJÄRRVÄRMEBYRÅN AB
VÄSTERÅS

A VANLIGAST FÖREKOMMANDE KULVERTYPER I SEKUNDÄRA VÄRMELEDNINGAR

Med sekundära ledningssystem avses i det följande dels sådana system som över värmeväxlare är anslutna till fjärrvärmesystem, dels sådana som inte är anslutna till fjärrvärme utan som distribuerar värme från lokala värmecentraler, blockcentraler.

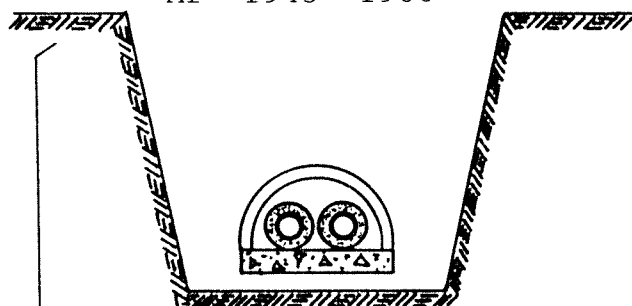
Ledningssystem för värmedistribution har byggts i Sverige sedan mitten av 40-talet då centralvärme på allvar började introduceras. Två huvudgrupper av systemlösningar kan urskiljas, nämligen 2-rörssystem och 4-rörssystem. I 2-rörssystemet distribueras hetvatten för såväl radiatorkretsar som för förbrukningsvarmvatten (varmvattenberedare är installerade i varje byggnad). I 4-rörssystemet bereds förbrukningsvarmvattnet i värmecentralen och distribueras till varje byggnad i separata ledningar, samförlagda med ledningar för radiatorkretsar. Mediarören i 2-rörskulverten är nästan undantagslöst utförda av ståltubrör. I 4-rörskulvertar är värmerören av stål och varmvattenrören av koppar. I mindre omfattning förekommer även värmerör av koppar.

De yttre skyddsrören är i de äldsta kulverttyperna ofta av betong. Under 50- och 60-talen utfördes de i stor utsträckning av asbestce-

TEXTPLANSCH 1

KULVERTTYP I

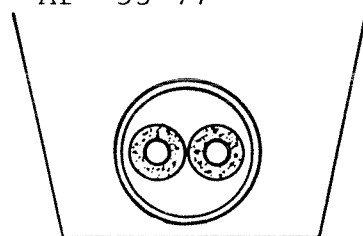
År 1945 ~ 1960

Isolering:
Mineralull serie 21

d	D
32	350
40	350
50	400
65	400
80	400
100	500
125	500
150	500

II

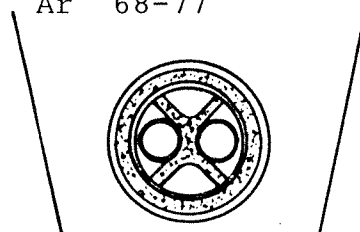
År 53-77



32	200
40	250
50	250
65	300
80	300
100	350
125	400
150	450

III

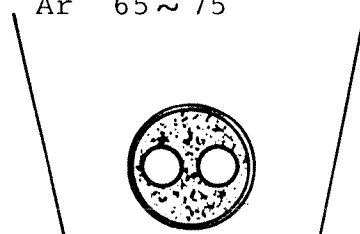
År 68-77



32	150
40	200
50	200
60	250
80	300
100	350
125	450
150	500

IV

År 65 ~ 75

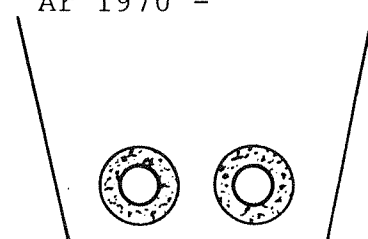


32	160
40	160
50	160
65	200
80	250
100	315
125	400

Isolering:
Polyuretanskum

V

År 1970 -

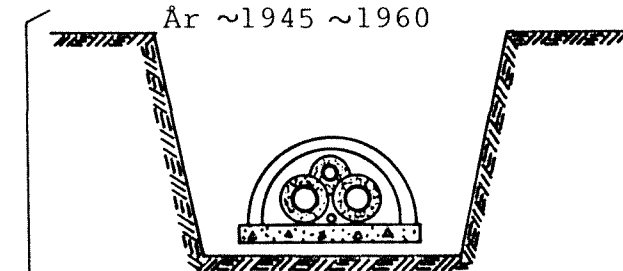


32	110
40	110
50	125
65	140
80	160
100	200
125	225
150	250

TEXTPLANSCH 2

KULVERTTYP VI

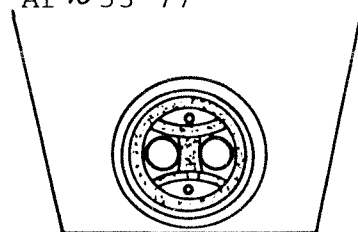
År ~1945 ~1960



d_v	d_{vv}	d_{vvc}	D
32	28	12	350
40	35	18	350
50	35	18	400
65	42	22	400
80	54	28	500
100	54	28	500
125	70	35	600

VII

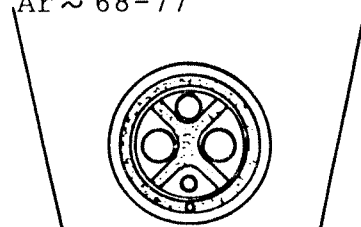
År ~53-77



32	28	12	225
40	35	18	250
50	35	18	300
65	42	22	350
80	54	28	350
100	54	28	400
125	70	35	450

VIII

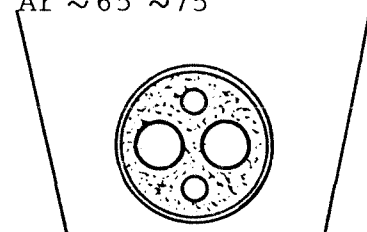
År ~68-77



32	28	12	150
40	35	18	200
50	35	18	250
65	42	22	250
80	54	28	300
100	54	28	350
125	70	35	400

IX

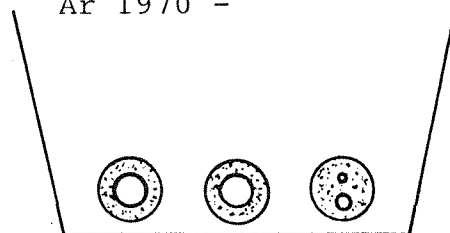
År ~65 ~75



32	28	12	200
40	35	18	250
50	35	18	250
65	42	22	280
80	54	28	315
100	54	28	400
125	70	35	100

X

År 1970 -



d_v	d_{vv}	d_{vvc}	D_v	D_{vv}
32	28	12	110	90
40	35	18	110	110
50	35	18	125	110
65	42	22	140	110
80	54	28	160	125
100	54	28	200	160
125	70	35	225	160

Isolering:
Mineralull serie 21

Isolering:
Polyuretanskum

Det är ej möjligt att på basis av enkätsvaren "gradera" ledningarnas kondition med utgångspunkt från kulverttyp, ålder, konstruktionsprincip eller liknande.

Intervjuer med en del av de ledningsägare som besvarat enkäten, ger intrycket, att problemen med de system som rapporterades skadade avtagit efter genomförda reparations- och modifieringsarbeten samt delvisa omläggningar, och att de numera fungerar utan nämnvärda anmärkningar.

C VÄRMFÖRLUSTER

Värmeförlusterna i de studerade 10 olika kulverttyperna har analyserats teoretiskt med hjälp av databeräkningar.

Beräkningsresultaten redovisas i diagram avsedda att användas vid överslagsmässig beräkning av värmeförlusterna vid olika kulverttyper och vid varierande driftförhållanden. Det bör noteras att förhållandevis stora avvikelser kan föreligga i äldre ledningar beroende på eventuellt skadad isolering. Diagrammen kan avses gälla med en tolerans om $\pm 10\%$.

I diagram nr 1 t o m nr 5 redovisas de årliga värmeförlusterna i 2-rörskulvert vid normala fjärrvärmetemperaturer (primärtemperaturer). Beräkningarna är genomförda med en antagen årsmedeltemperatur i nätet av $82/59^{\circ}\text{C}$ i fram- respektive returledning.

Diagram nr 6 t o m 10 visar motsvarande förluster i ett 2-rörs sekundärledningsnät. Normala årsmedeltemperaturer har för mellan-sverige här antagits vara $65/40^{\circ}\text{C}$.

Diagram nr 11 t o m 15 redovisar förlusterna i ett 4-rörssystem varvid förutsatts att endast ledningar för förbrukningsvarmvatten är i drift under icke eldningssäsong.

Diagram nr 16-20 utgör sammanställning av ovanstående för jämförelse av värmeförlusterna i 2-rörs sekundär och primär samt 4-rörs sekundär.

Analyserna visar att värmeförlusterna i ett 2-rörs sekundärsystem begränsas till ca 70-75% av förlusterna i ett motsvarande primärsystem och i ett 4-rörssystem till ca 65-70%. Jämförelsen gäller vid lika rördimension. Det bör noteras att skillnader i överföringskapacitet kan föreligga på grund av olika differens mellan framlednings- och returledningstemperatur.

I bilaga 1 redovisas ett beräkningsexempel med jämförelse av förlusterna i ett villaområde vid primär- respektive sekundärsystem och 2-rörs- respektive 4-rörskulvert. Beräkningen visar att i det exemplifierade fallet värmeförlusterna i primärsystemet uppgick till ca 22% av beräknad förbrukning och i sekundärsystemen till ca 17% vid 2-rörssystem och ca 16% vid 4-rörssystem.

Bilaga 1

Beräkningsexempel

Värmeförluster i villaområde

Effektbehov: 44x15= 660 kW

Beräknad energiför-

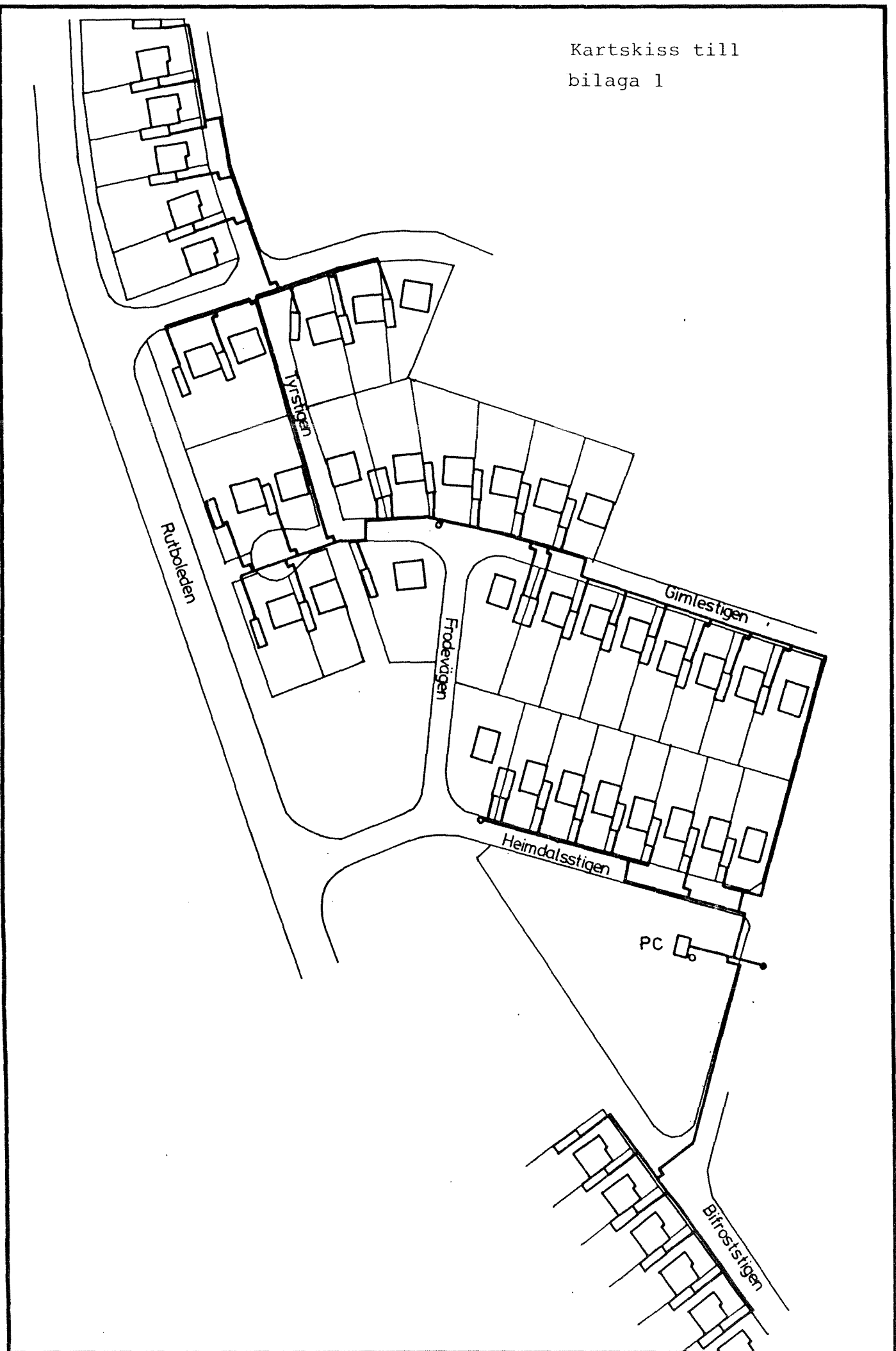
brukning/år: $\frac{660 \times 2100}{1000} = 1.400 \text{ MWh}$

1000

Dimension ansl nr	Kulvertlängd m			Värmeförlust					
	Primärsystem	Sekundärsystem 2-rörs	Sekundärsystem 4-rörs	kWh/m år *)			MWh/år		
				Primärsystem	Sekundärsystem 2-rörs	Sekundärsystem 4-rörs	Primärsystem	Sekundärsystem 2-rörs	Sekundärsystem 4-rörs
25	820	820	790	170	130	125	139,4	106,6	98,8
32	225	225	155	185	140	135	41,6	31,5	20,9
40	160	50	150	205	155	150	32,8	7,8	22,5
50	100	160	110	235	180	170	23,5	28,8	18,7
65	230	280	310	275	210	185	63,2	58,8	57,3
80	20	20	40	290	220	195	5,8	4,4	7,8
Total förlust MWh/år							306,3	237,9	226,0
Procent av beräknad förbrukning							22	17	16

*) enligt diagram 1, 5, 10

Kartskiss till
bilaga 1



B TERMOGRAFIKONTROLL

Försök har utförts, att med hjälp av termografi bedöma status och kondition hos äldre värmeledningsnät.

Tre arbetshypoteser har uppställts.

Hypotes 1 är att dåliga ledningar har en ojämnhet i värmeavgivning till markytan medan ledningar i god kondition företer en jämn värmeavgivning. Ojämnhet i värmeavgivning förmodas kunna avläsas som diskontinuiteter i värmebilden som projiceras på mätutrustningens bildskärm eller på fotografiet.

Hypotes 2 är att en allmänt låg eller allmänt hög isoleringsstandard skall kunna avläsas. Låg isoleringsstandard behöver inte betyda att ledningarna är i dålig kondition, liksom att hög standard inte är liktydigt med bra ledningar.

Hypotes 3 är att karaktär och styrka hos den projicerade "värmebilden" skall kunna utgöra instrument för kvantifiering av värmeförluster.

För att verifiera eller kullkasta hypoteserna har en serie fullskaliga försök genomförts. Således har termografering utförts av 9 st olika ledningssystem av varierande ålder och typ enligt nedanstående tabell.

Försök nr	Kulverttyp	Dränering	Längd km	Byggnadsår	System		Mediatem- peratur °C	Bebyggelsestyp			
					Sekundär	Primär		Villor	Radhus	Flerfamilj	Industri
1	II	-	220	1964	X		60/58	X	X	X	
2	I	X	410	1963	X		65/59			X	
3	V	-	1575	1977	X		73/57	X			
4	III	X	350	1965		X	95/65				X
5	V	X	385	1979		X	90/53		X	X	
6	II	X	245	1962		X	90/53				X
7	*)	-	1230	1975		X	90/53	X			
8	II	X	250	1961		X	90/53	X			
9	V	-	610	1972	X		65/59	X			

*) Aquawarm

Försöken har utförts i samarbete med Termografi-Kontroll AB, Norrtälje. Använd utrustning är av AGA:s fabrikat, AGA Thermovision 750 . Utrustningen är bärbar men finns också monterad på enkel dragkärra och på biltak för utförande av mer omfattande kontroller. Värmebilden projiceras på en bildskärm och utvalda sekvenser kan dokumenteras med hjälp av en polaroidkamera ansluten till utrustningen. Kontrollen i sin helhet kan även upptagas och dokumenteras på videoband. Utrustningen indikerar temperaturskillnader hos fokuserade ytor på ned till 0,2°C.

- Både nyare och äldre kulverttyper kan ge upphov till temperaturförhöjning på markytan utan att några fel behöver föreligga, exempelvis på grund av tunnare isolering vid rörskarvar, värmebryggor vid rörstöd, fixeringar o dyl. Dessa indikationer kan dock skiljas från felindikationer genom ritningsstudier och genom att de uppträder enligt ett regelbundet mönster.

Begränsningar i metoden är:

- att** de yttre förhållandena måste vara gynnsamma. Barmark och kall väderlek och helst molnigt är en förutsättning som begränsar användbarheten till kortare perioder under höst och vår. Möjligen kan metoden även användas sommartid under tidiga morgnar före soluppgången.
- att** metoden fungerar mindre väl där ledningarna ligger under gräsbevuxna ytor. Stora fel, såsom exempel tubläckor, torde dock ge utslag även här,
- att** mätresultaten kan störas av exceptionellt djupa eller grunda ledningsgravar och av varierande värmemotstånd i återfyllningsmaterialet.

Allmänt har försöken visat att termografi är ett utmärkt hjälpmedel då det gäller att generellt bedöma tillståndet hos befintliga värmeledningsnät men kanske framförallt då avsikten

Försöken kan anses ha bekräftat arbetshypotes 1, nämligen den att skadade och allmänt dåliga ledningar generellt sett ger en ojämnh och diskontinuerlig temperaturförhöjning på markytan som i de flesta fall kan indikeras med hjälp av termografiutrustning.

Arbetshypotes 2, att med hjälp av termografiutrustning bestämma om isoleringsstandarden hos i övrigt felfria ledningar är hög eller låg, har ej kunnat verifieras.

Någon speciell karaktär hos "värmebilderna", användbar för kvantiering av värmeförluster, har ej kunnat påvisas.

Efter analys av försöksresultaten kan följande slutsatser dras:

- Felfria ledningar av modern typ, direkt-skummad sk plastkulvert och ledningar av typ aquawarm, föranleder ingen indikerbar temperaturförhöjning på markytan.
- Felaktigheter på ovannämnda kulverttyper ger temperaturförhöjning på koncentrerade skarpt avgränsade markytor.
- Felaktigheter på äldre kulverttyper, hålrörskulvertar, ger indikerbar yttemperatur med ett långsträckt oregelbundet mönster. Felfria ledningar av denna typ ger oftast ingen mätbar temperaturförhöjning.

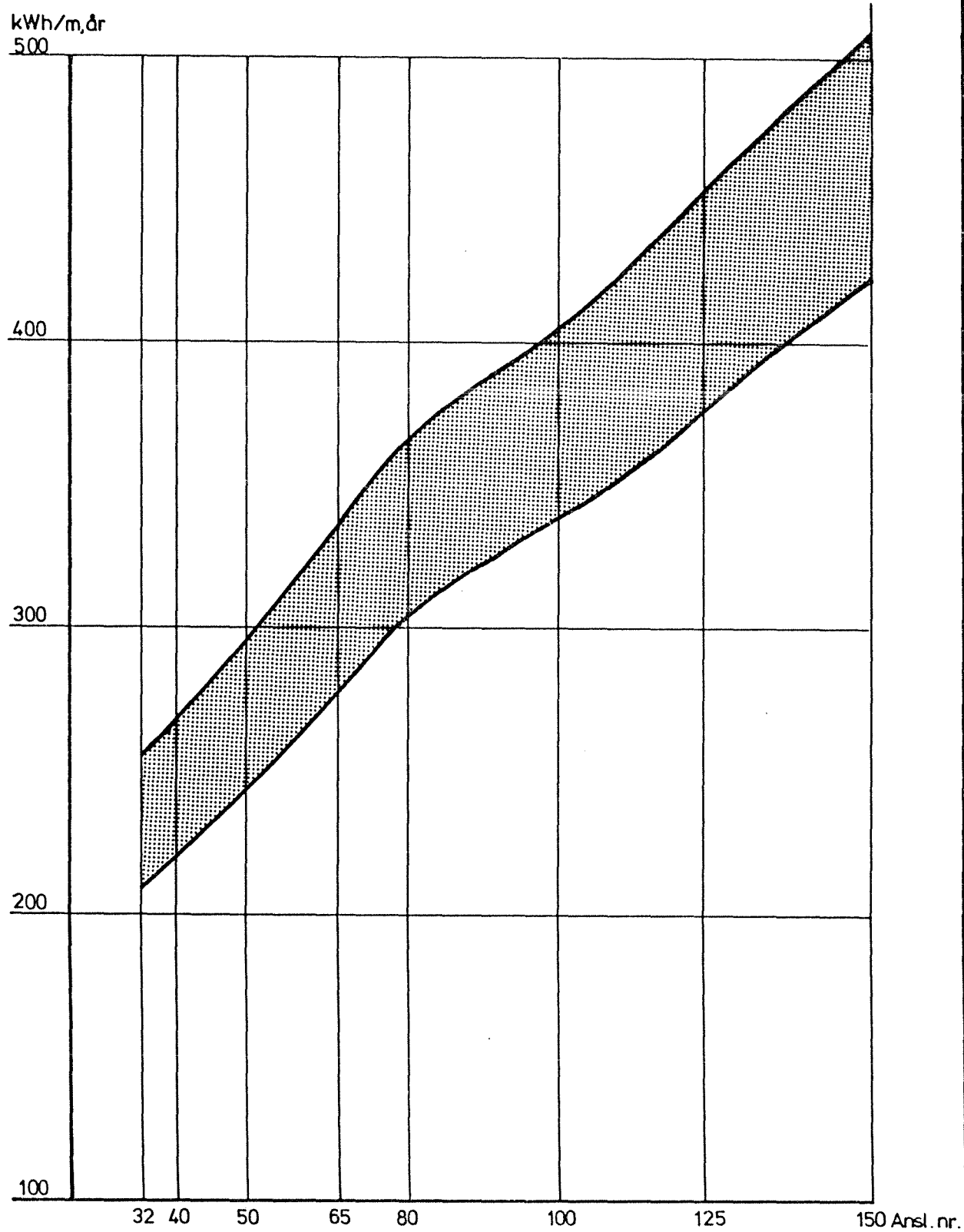
är att metodiskt söka fel och brister i såväl primär- som sekundärsystem.

Termografimetoden är klart utvecklingsbar och en idé kan vara att följa upp de nu genomförda försöken med metodiska prov på särskilda testledningar där olika förhållanden simuleras. Avsikten skulle vara att söka framställa serier med jämförelsebilder liknande exempelvis ASME:s röntgenatlas.

DIAGRAM 1 t o m 20

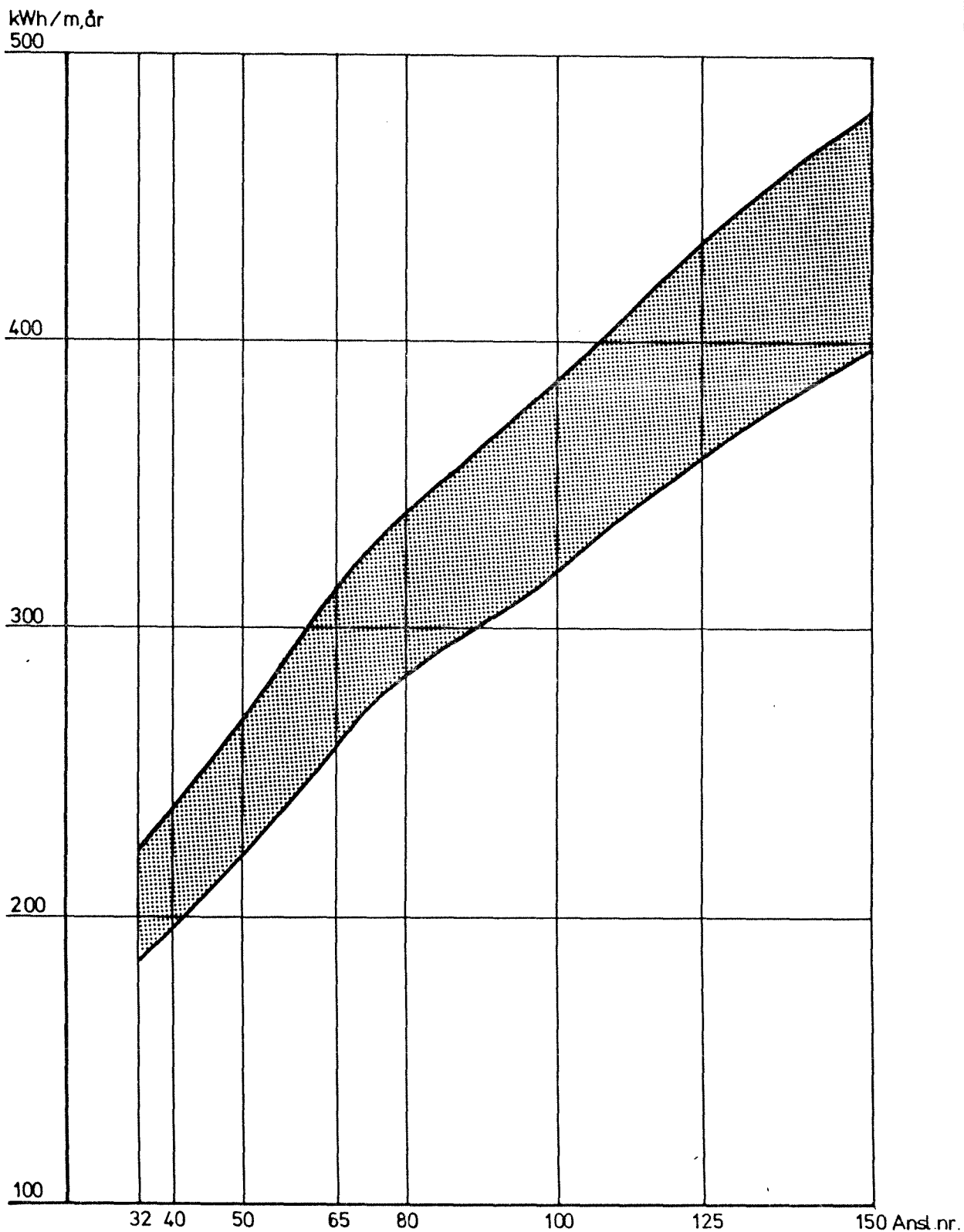
BILAGOR 1 t o m 10

DIAGRAM 1



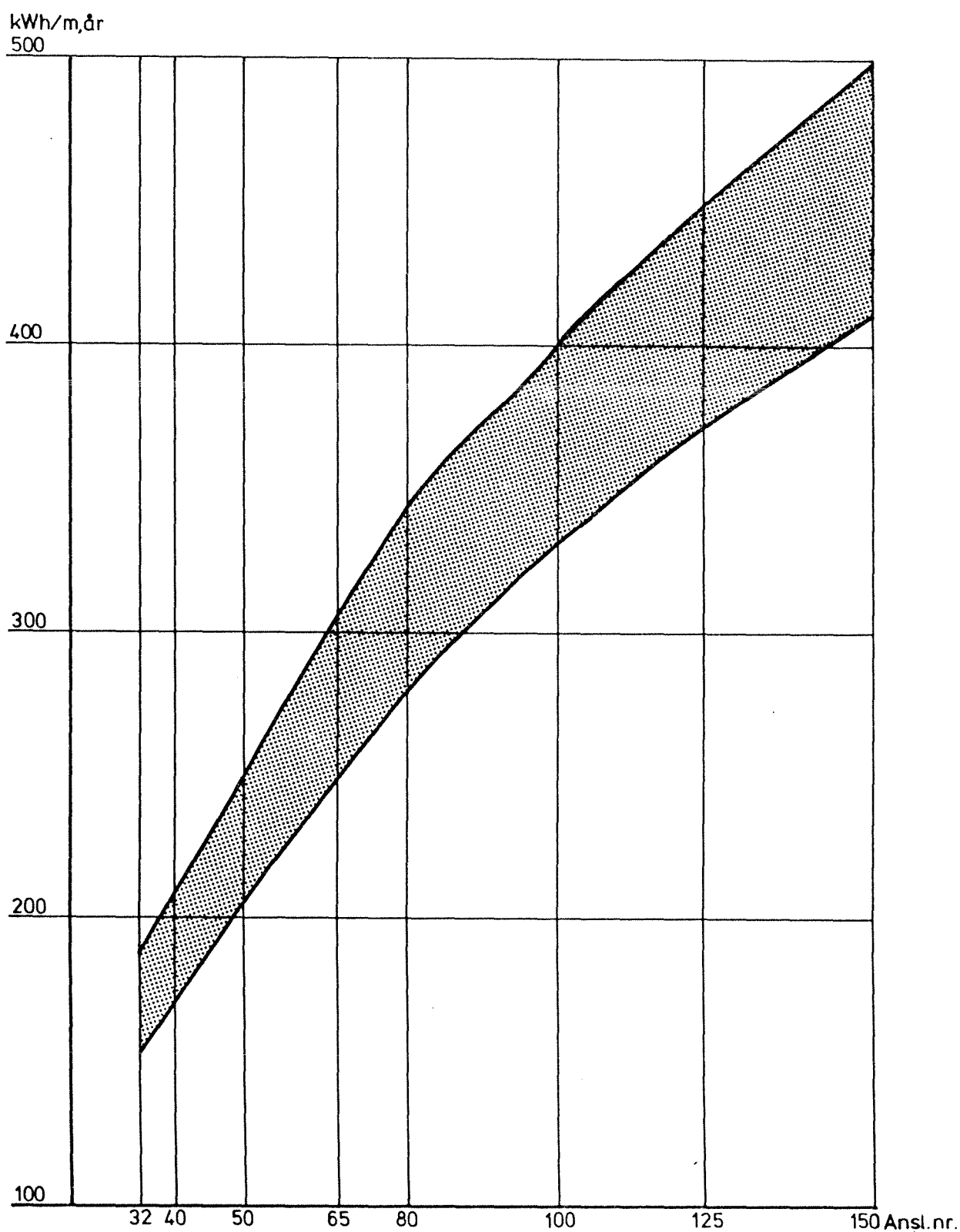
VÄRMEFÖRLUST I PRIMÄRLEDNING
KULVERTTYP I

DIAGRAM 2



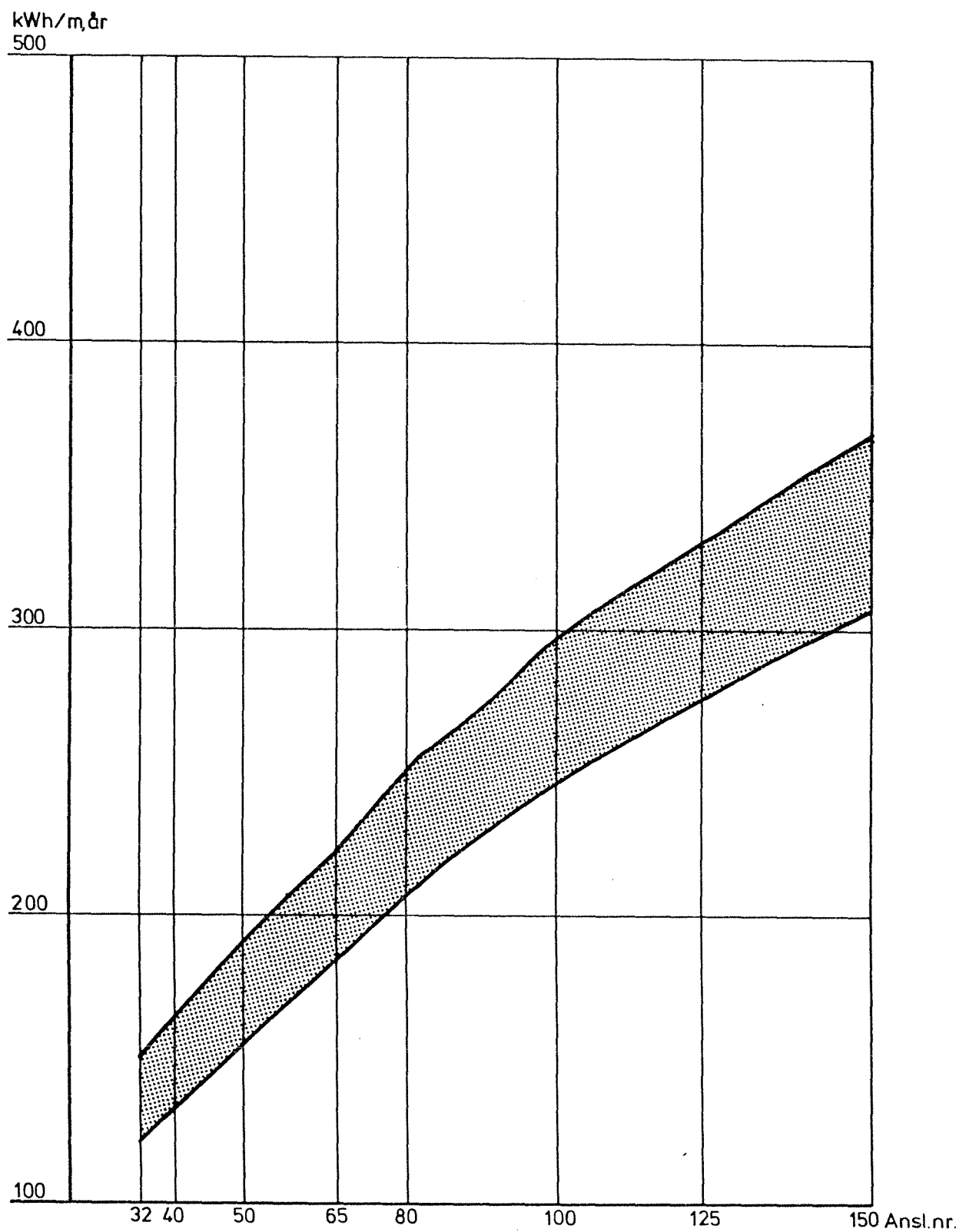
VÄRMEFÖRLUST I PRIMÄRLEDNING
KULVERTTYP II

DIAGRAM 3



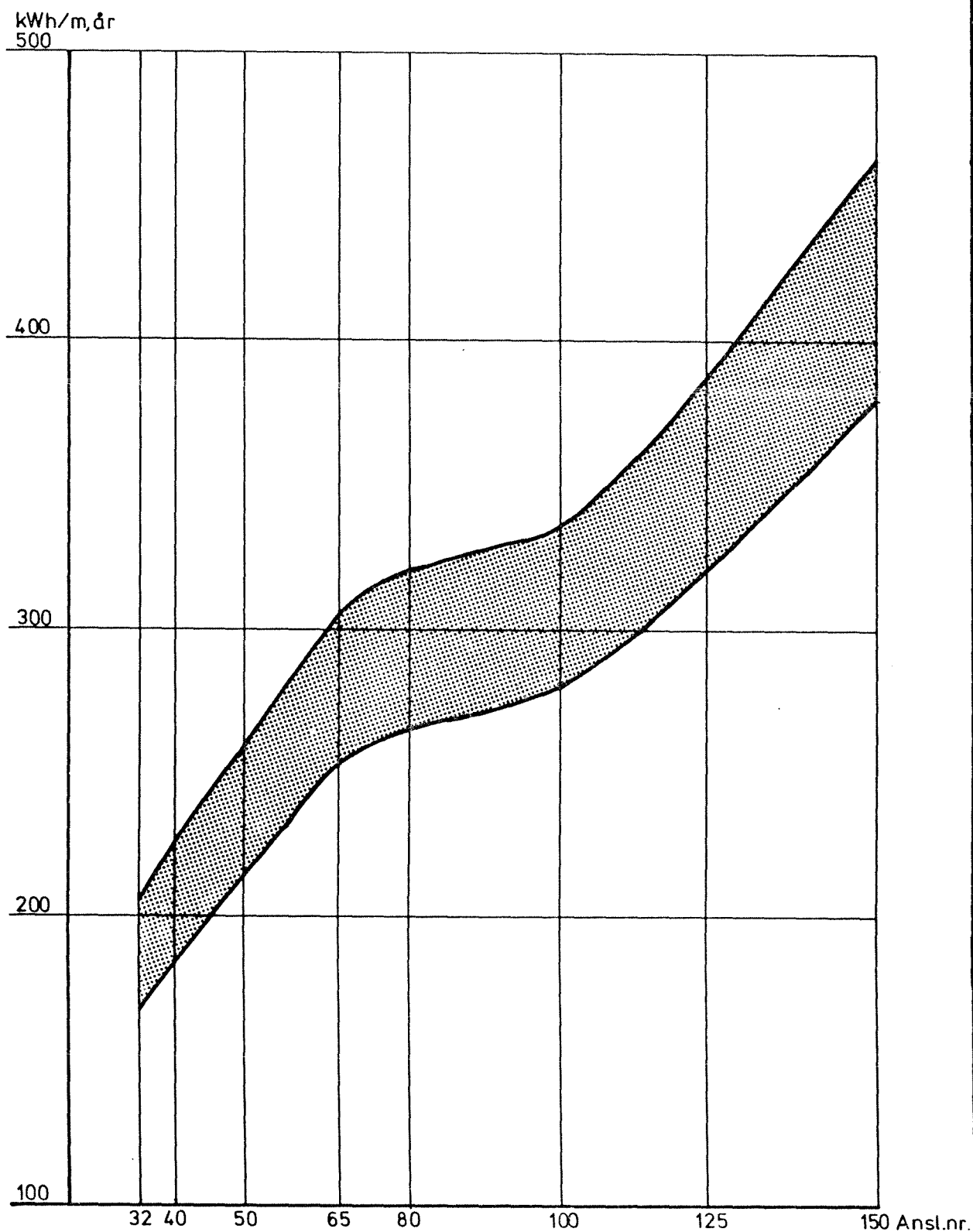
VÄRMEFÖRLUST I PRIMÄRLEDNING
KULVERTTYP III

DIAGRAM 4



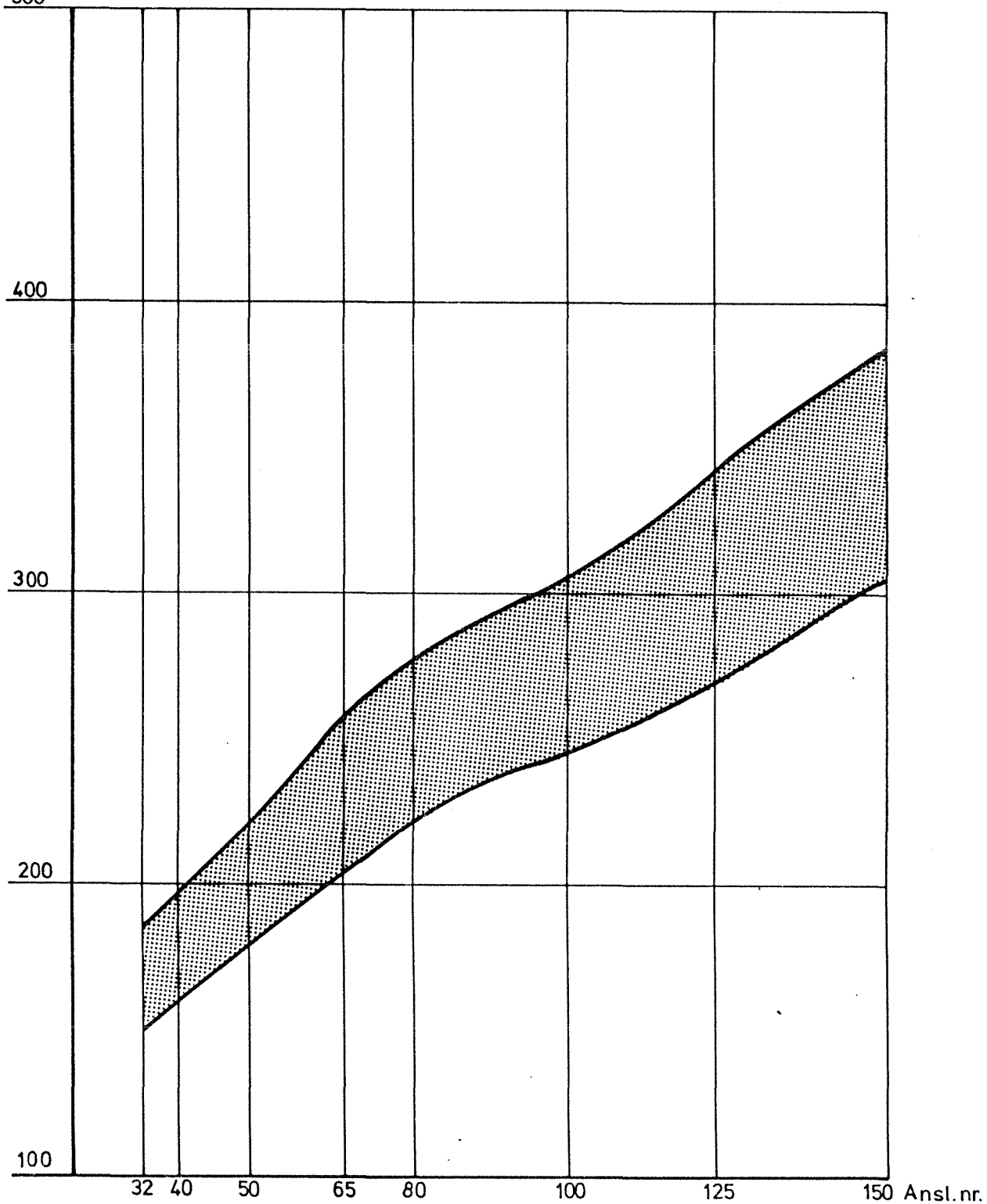
VÄRMEFÖRLUST I PRIMÄRLEDNING
KULVERTTYP IV

DIAGRAM 5



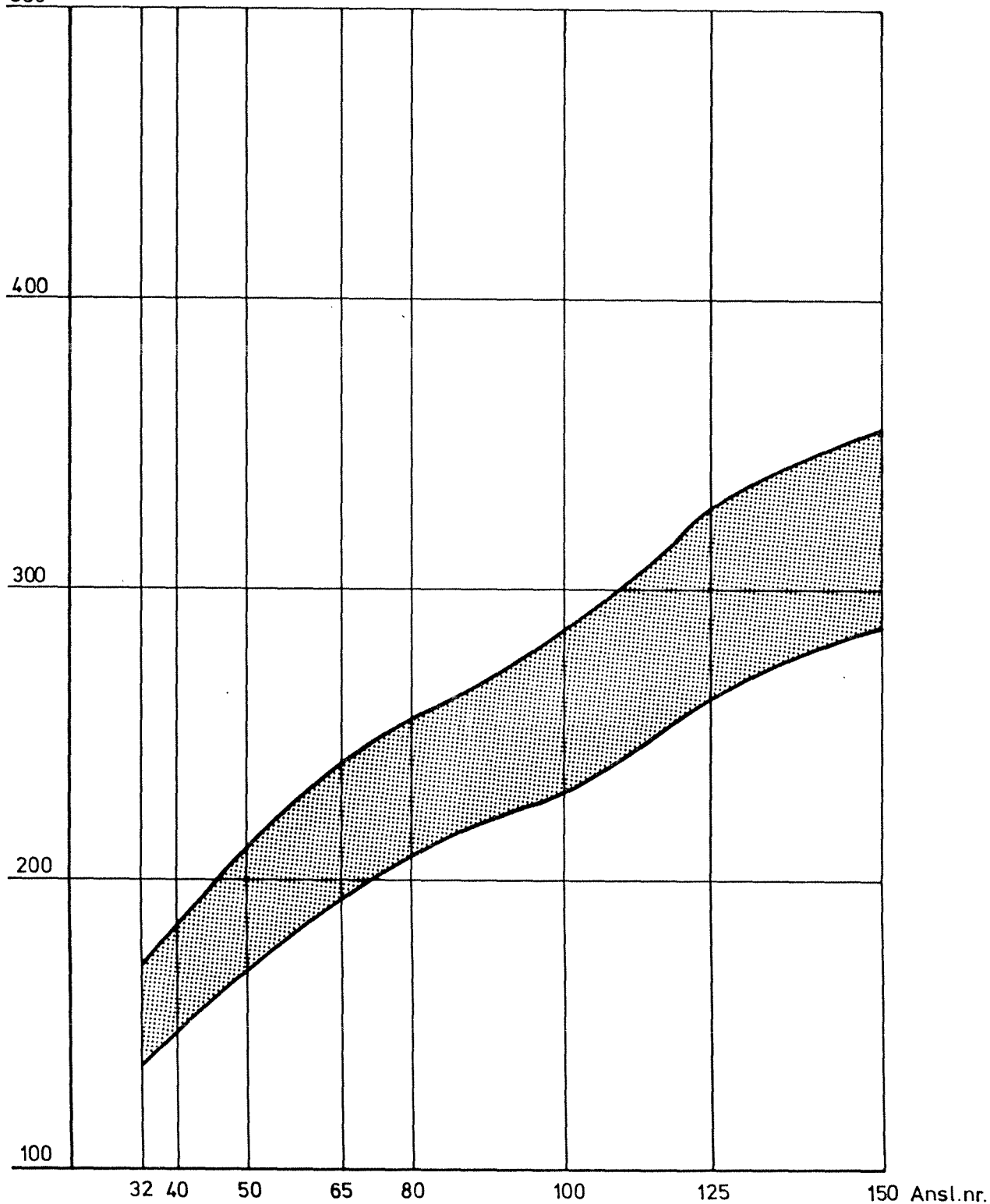
VÄRMEFÖRLUST I PRIMÄRLEDNING
KULVERTTYP V

kWh/m,år
500



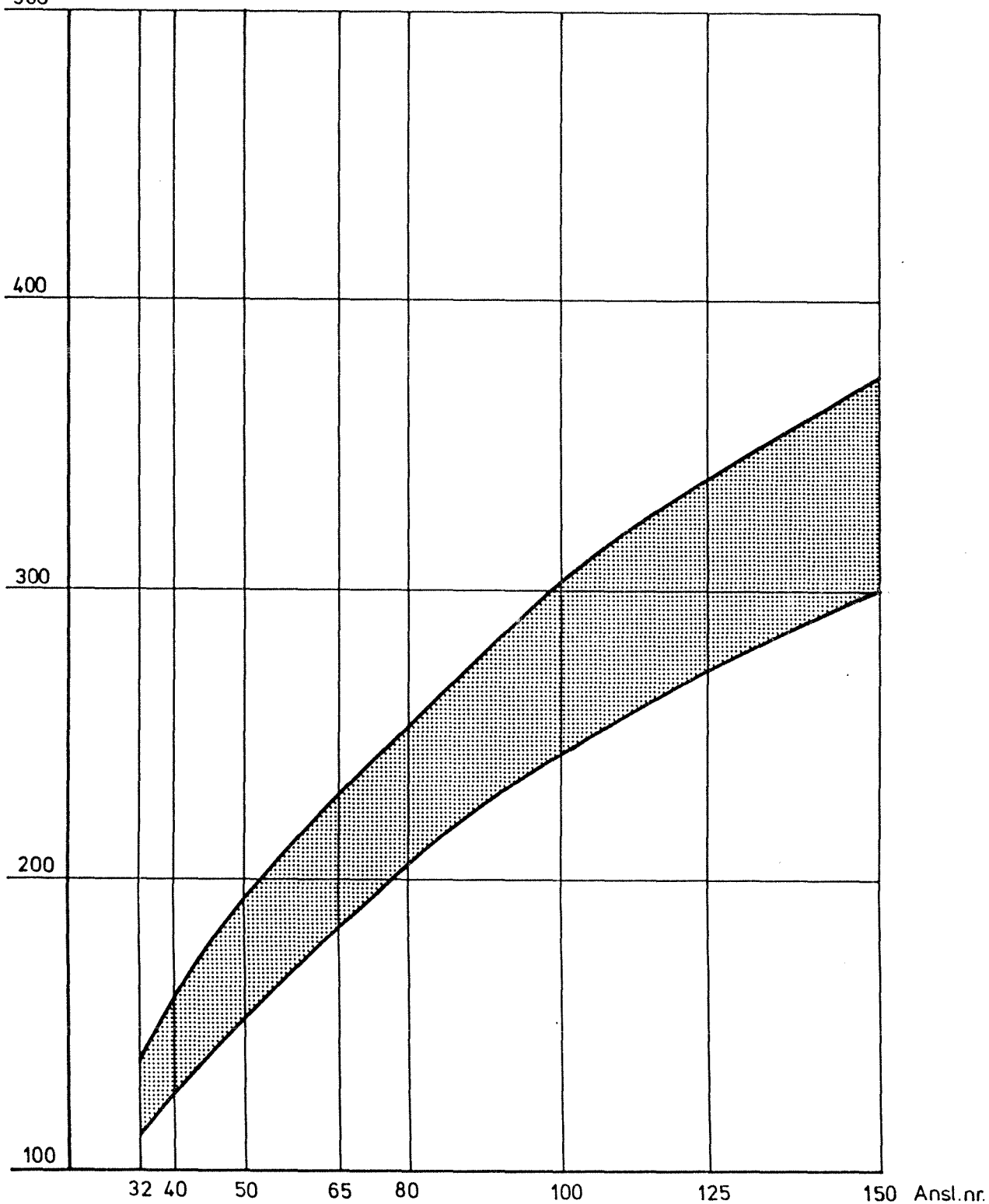
VÄRMEFÖRLUST I 2-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP I

kWh/m, år
500



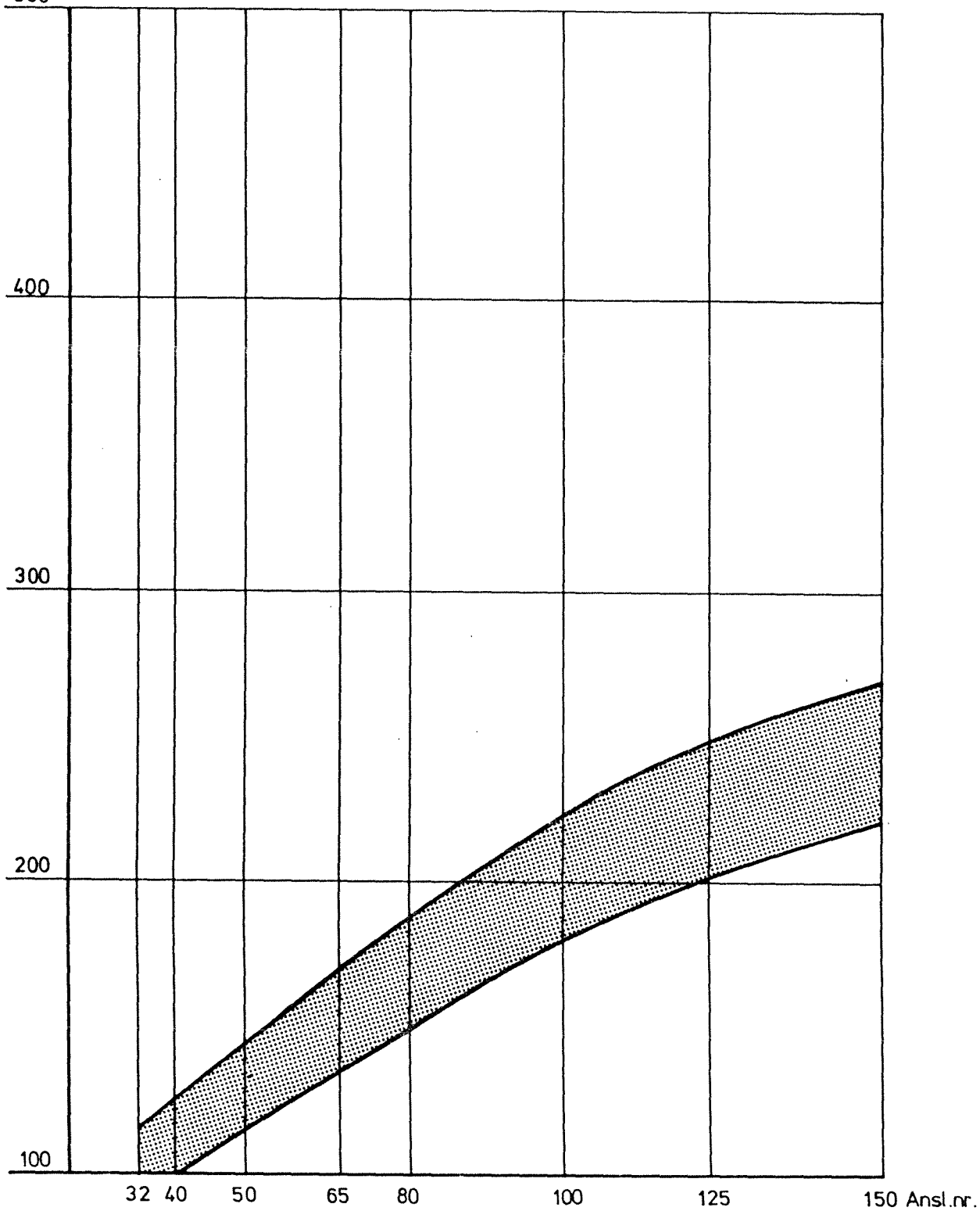
VÄRMEFÖRLUST I 2-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP II

kWh/m, dr
500



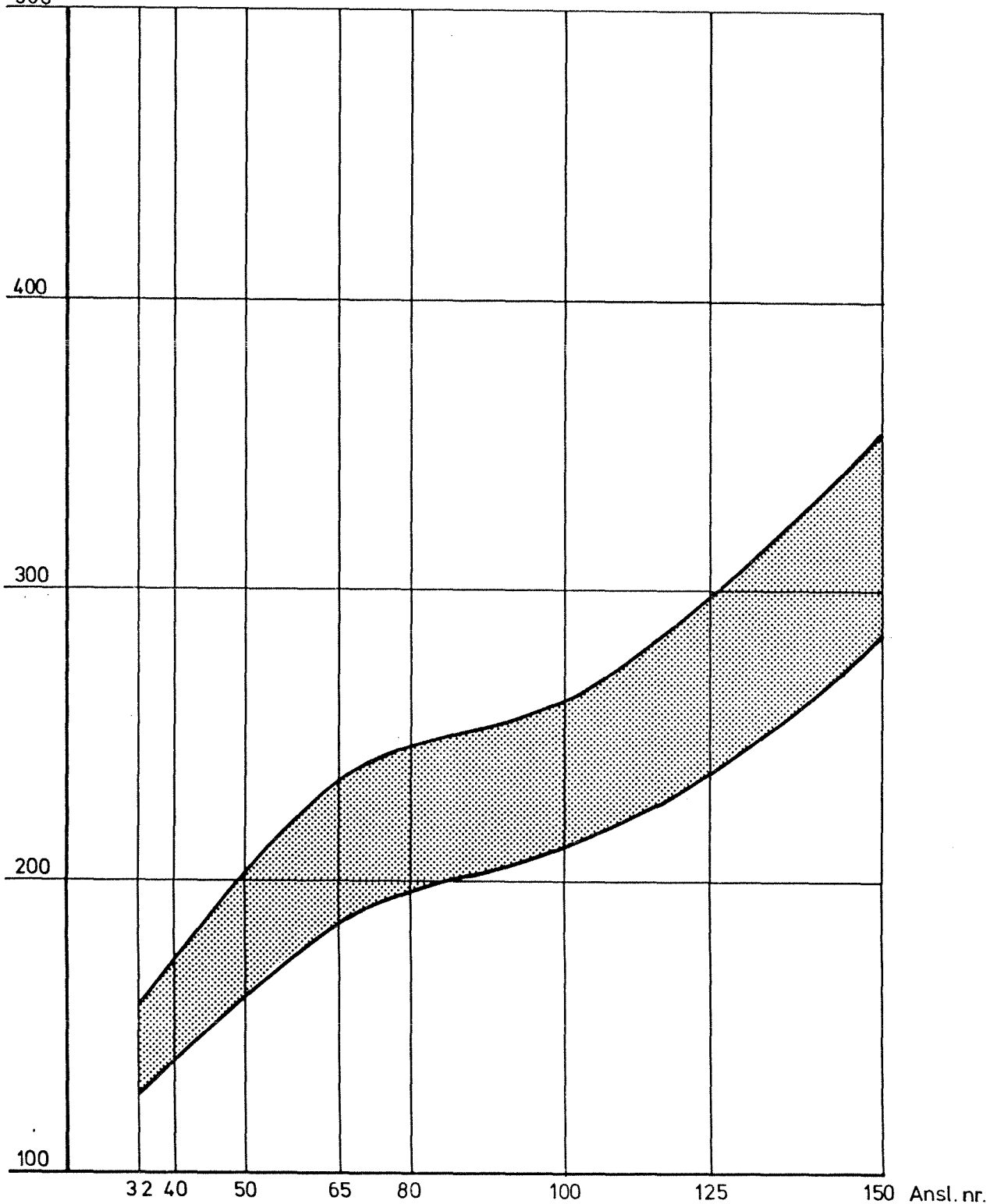
VÄRMEFÖRLUST I 2-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP III

kWh/m, år
500



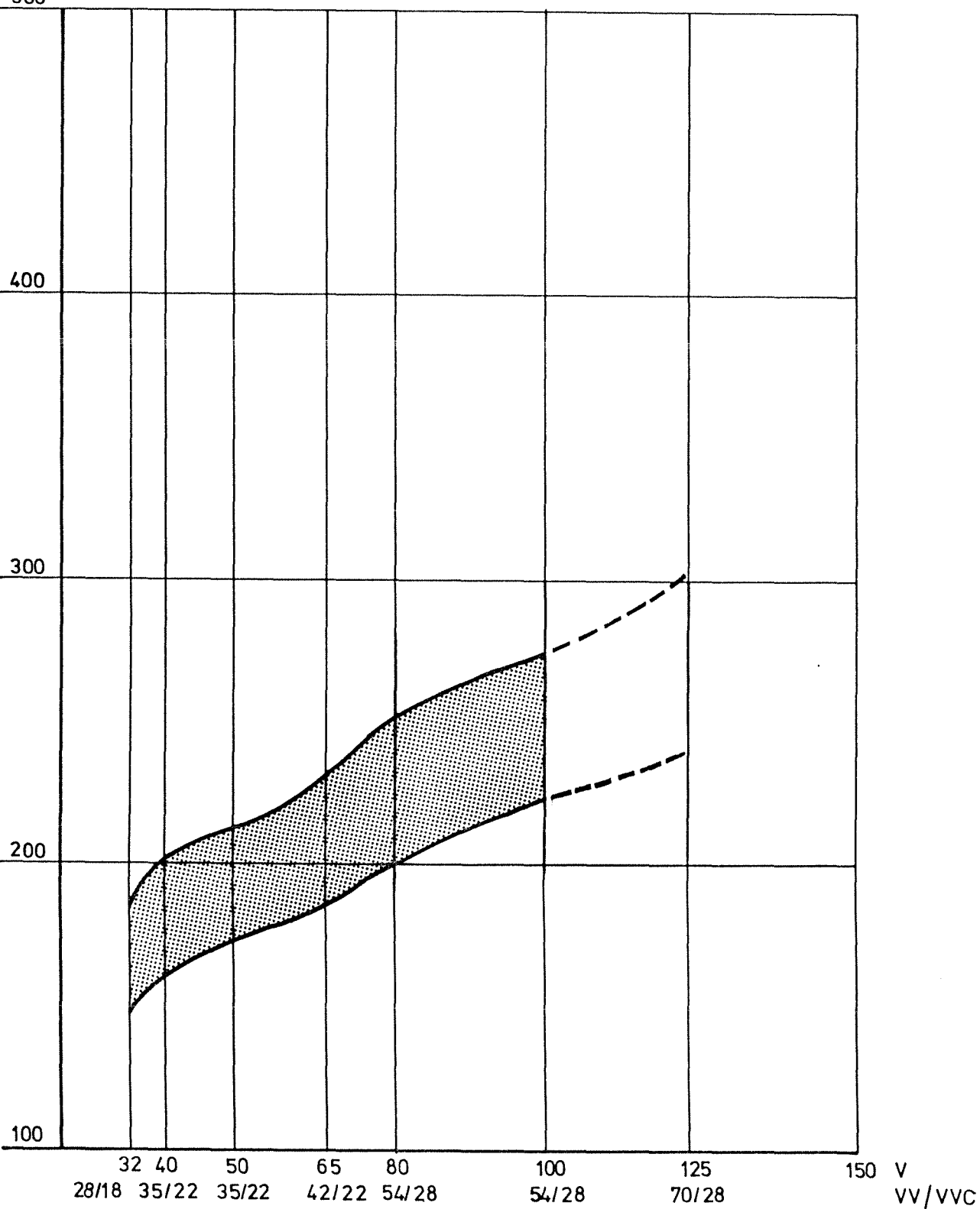
VÄRMEFÖRLUST I 2-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP IV

kWh/m, år
500

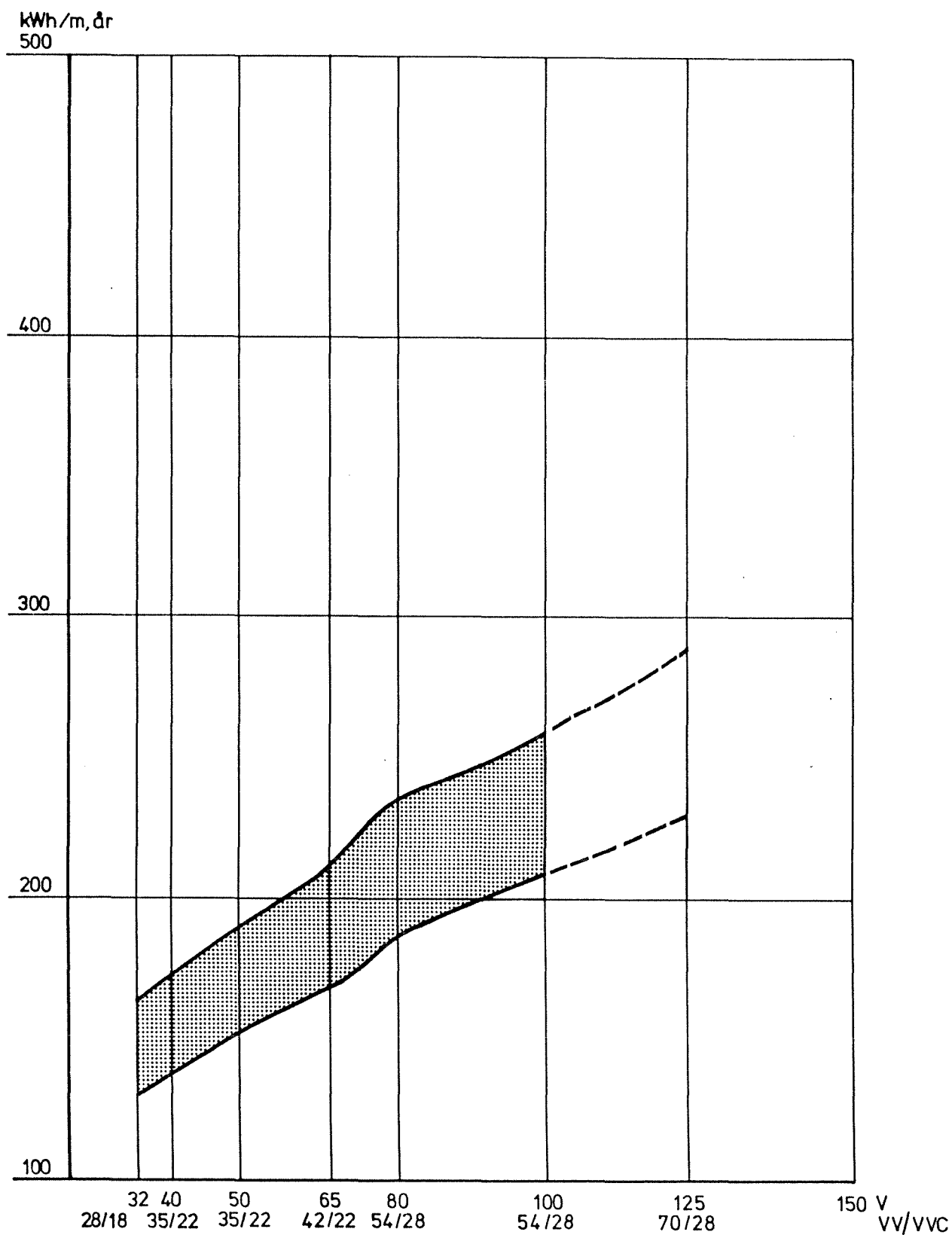


VÄRMEFÖRLUST I 2-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP V

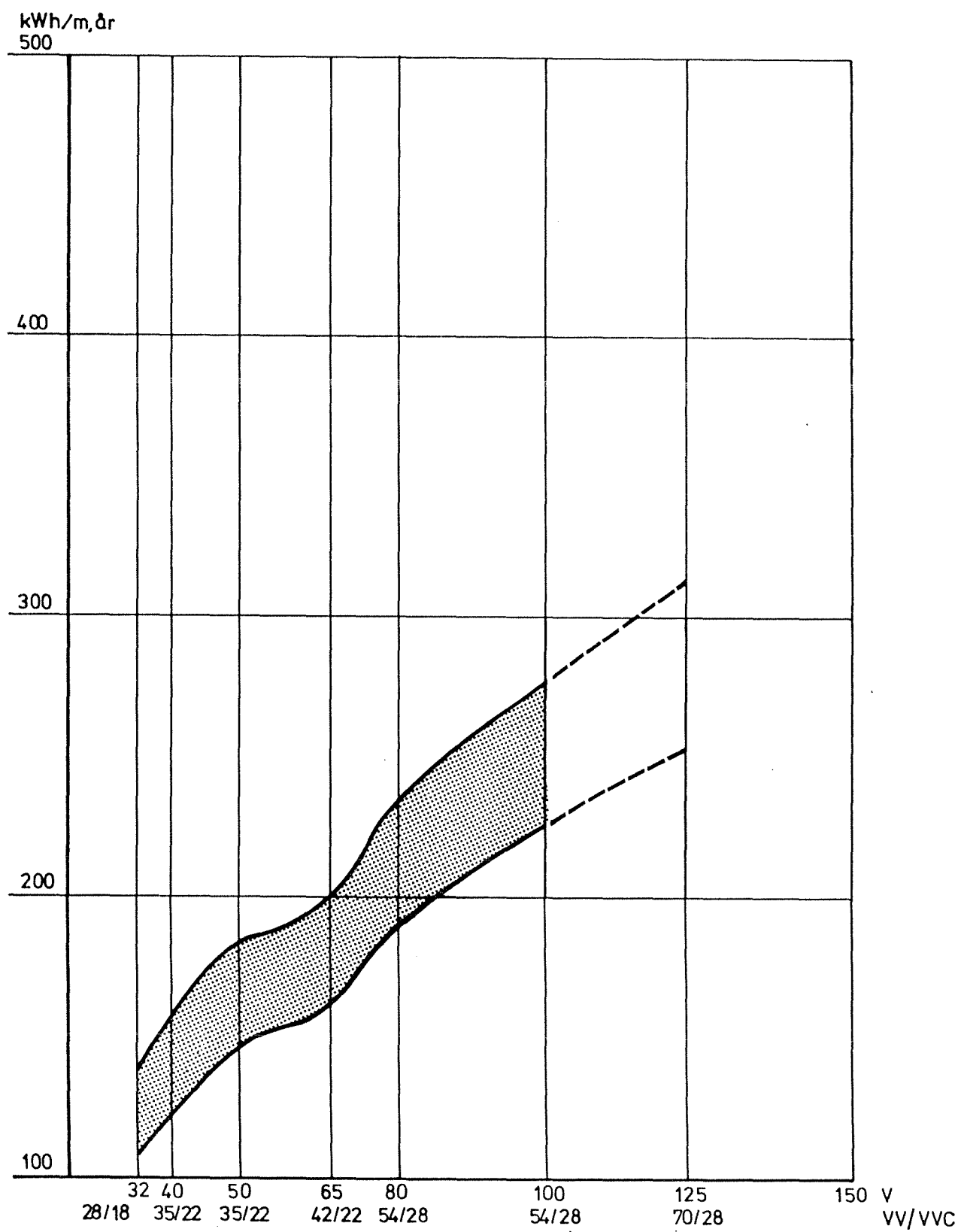
kWh/m,dr
500



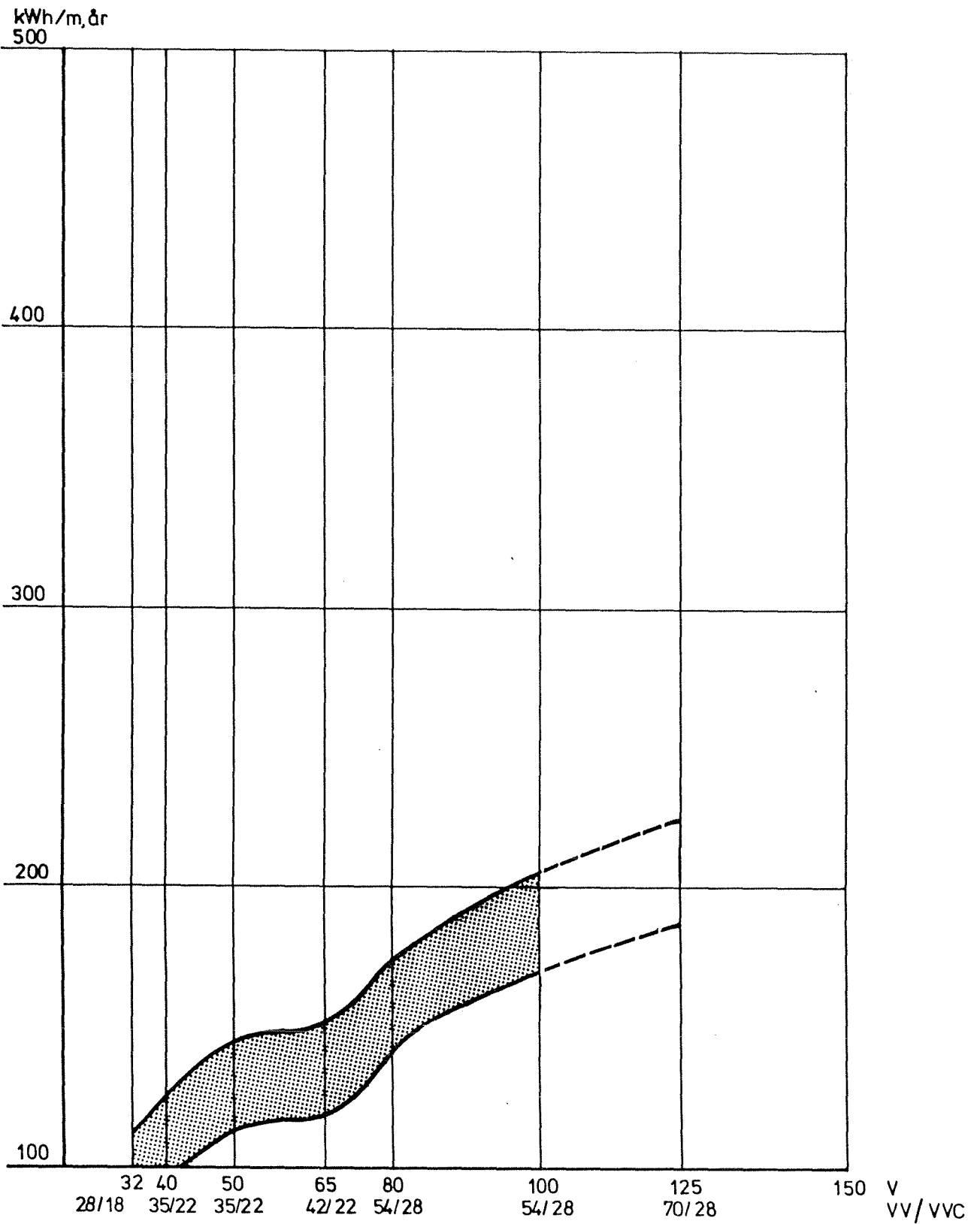
VÄRMEFÖSLUST I 4-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP VI



VÄRMEFÖRLUST I 4-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP VII

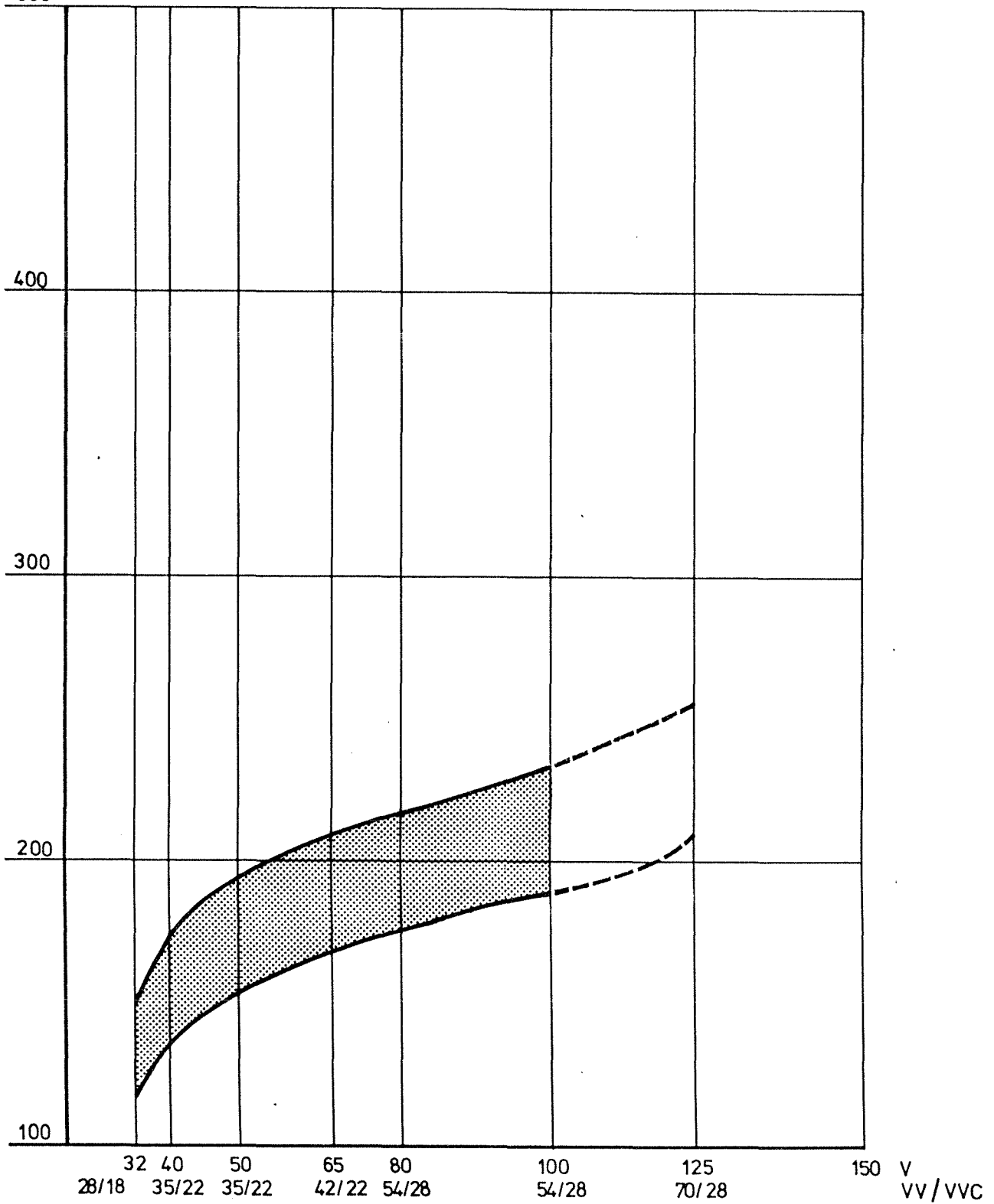


VÄRMEFÖRLUST I 4-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP VIII



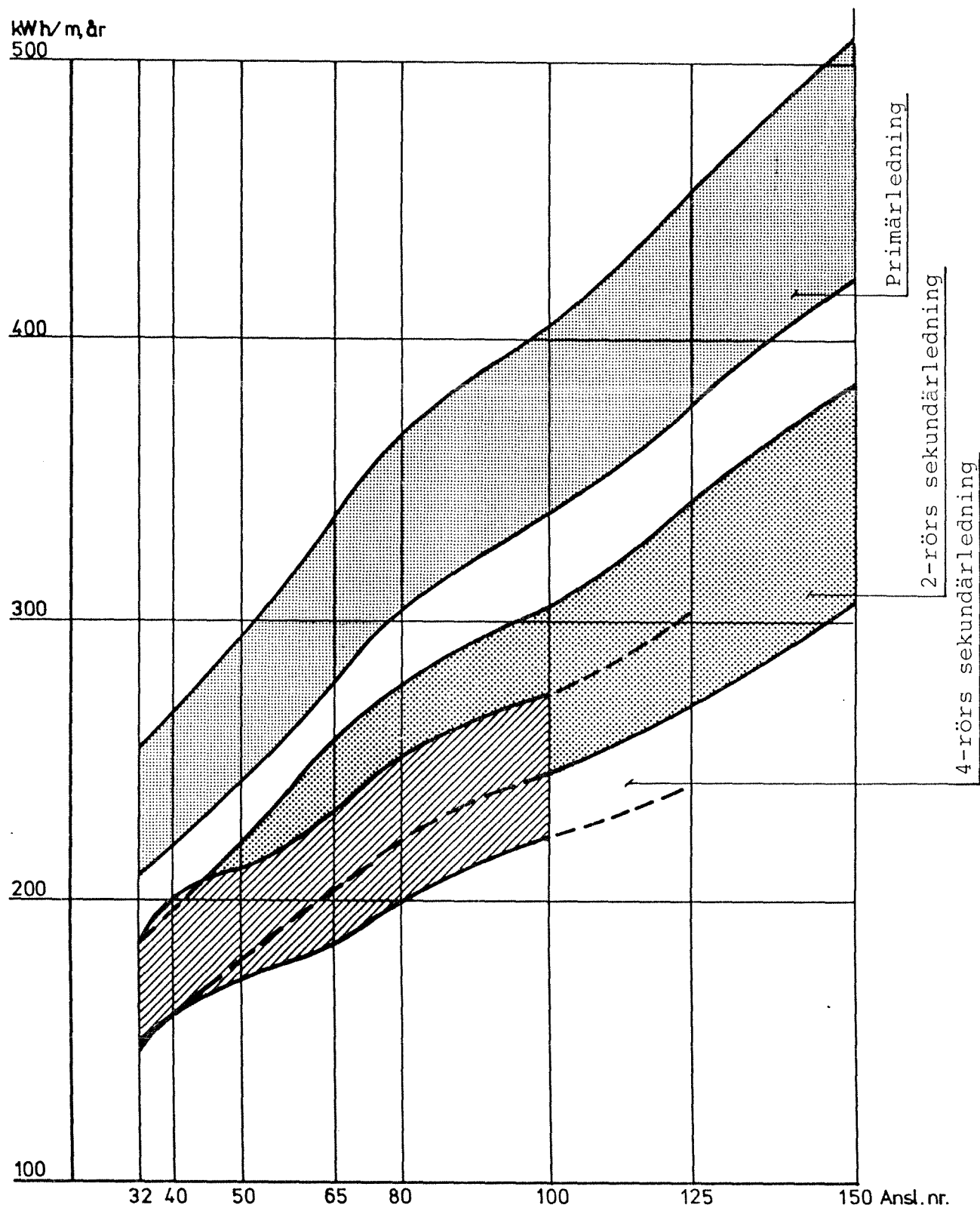
VÄRMEFÖRLUST I 4-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP IX

kWh/m,år
500



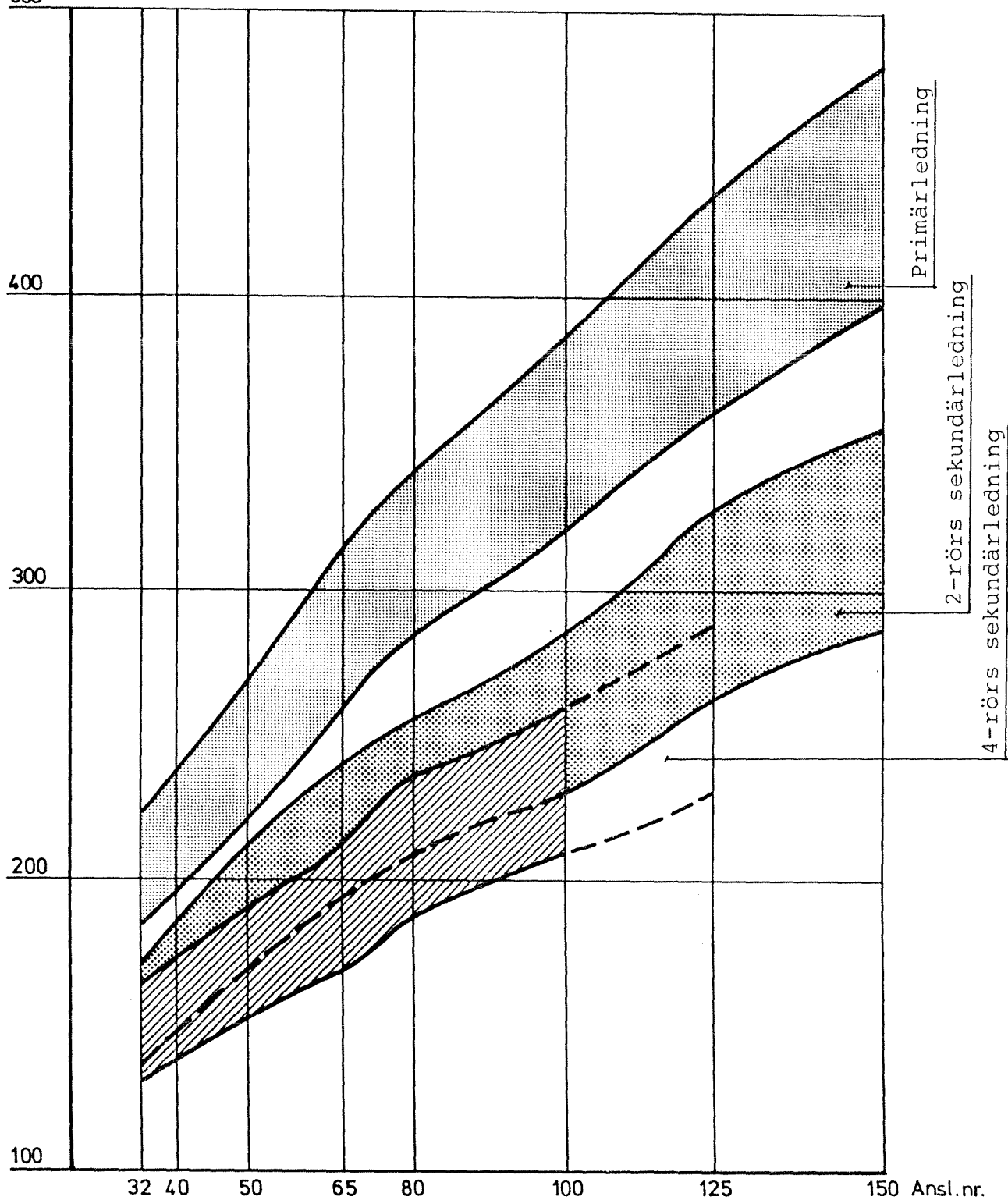
VÄRMEFÖRLUST I 4-RÖRS SEKUNDÄRLEDNING
KULVERTTYP X

DIAGRAM 16



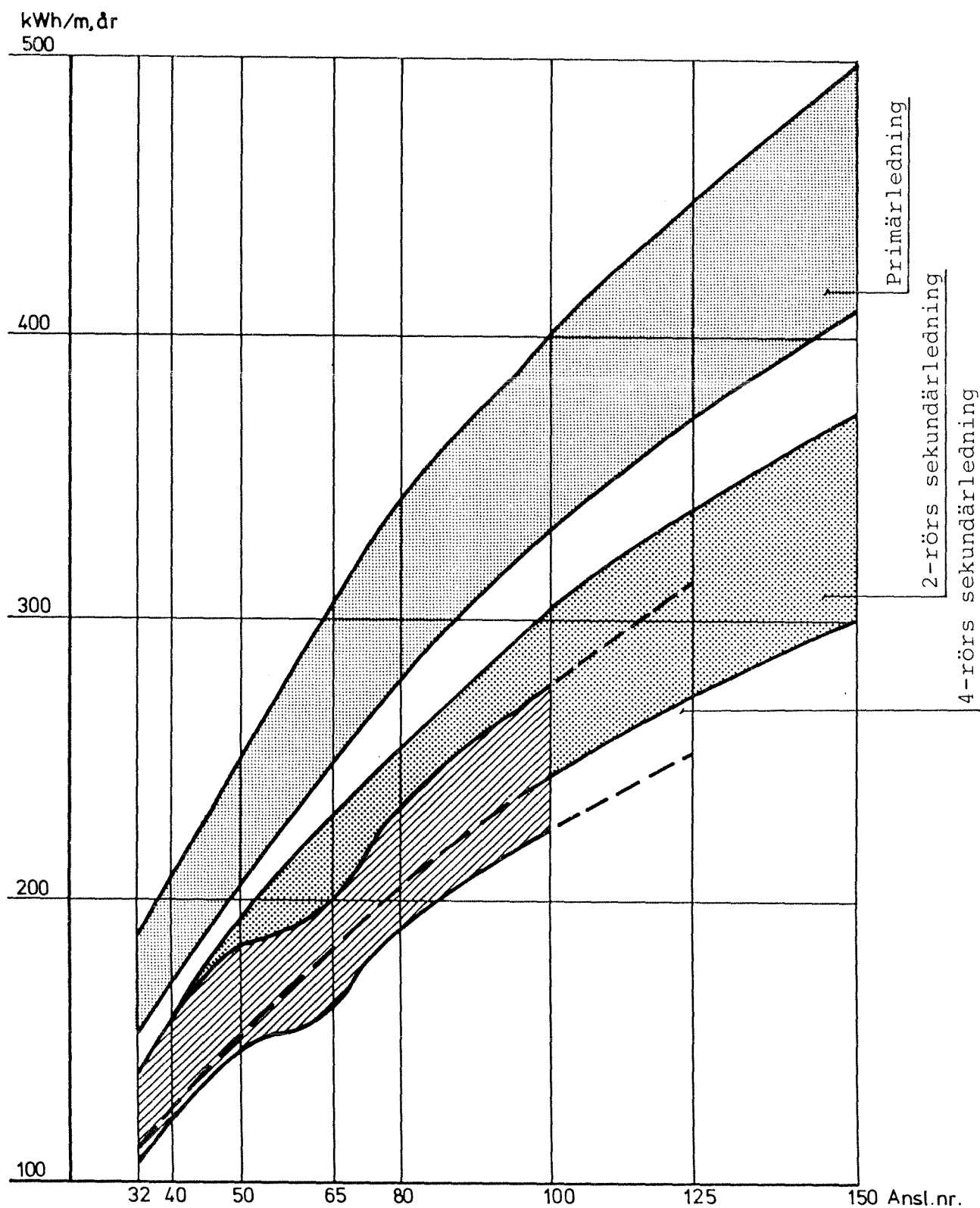
VÄRMEFÖRLUST
KULVERTTYP I-VI

kWh/m, år
500



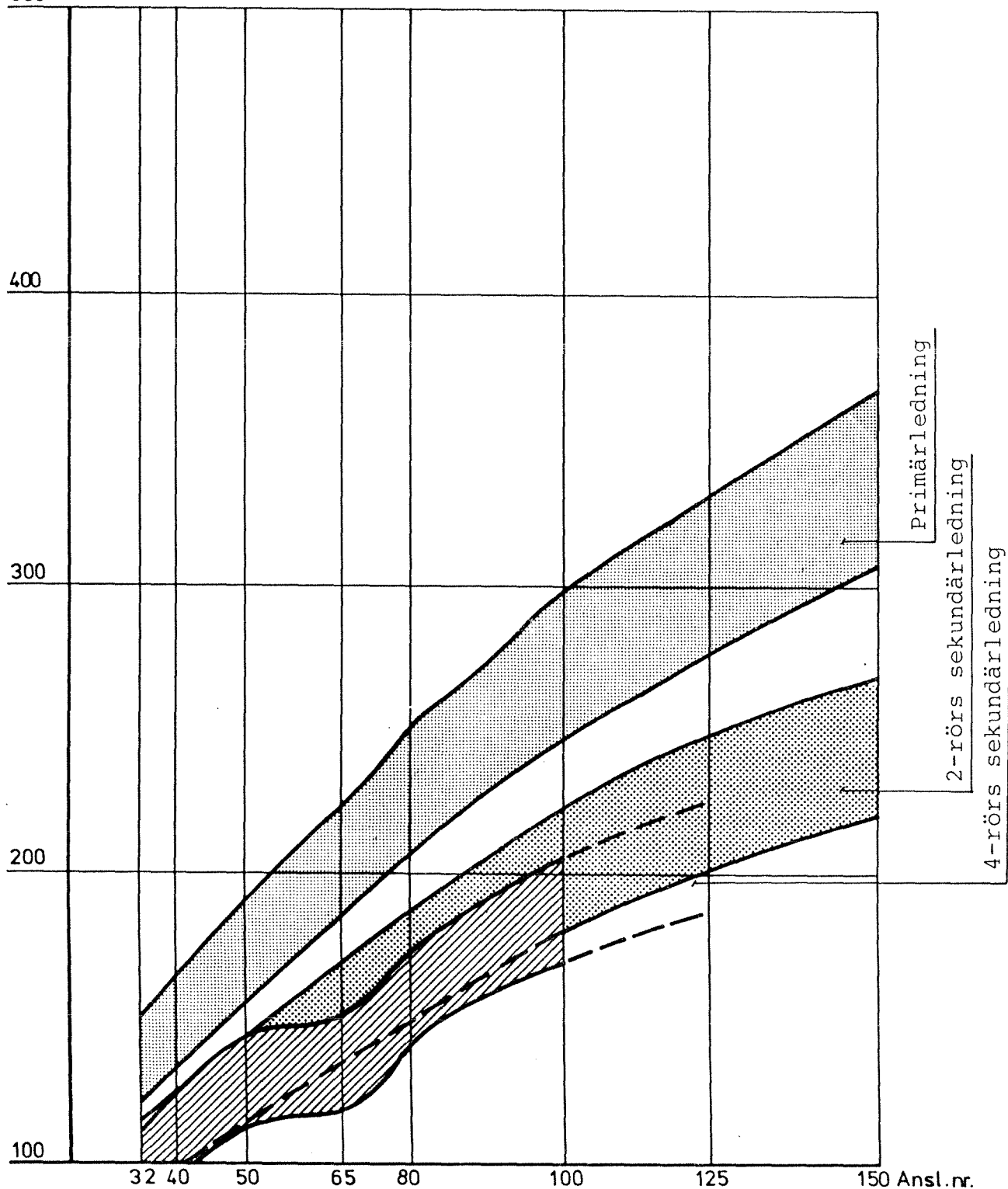
VÄRMEFÖRLUST
KULVERTTYP II-VII

DIAGRAM 18



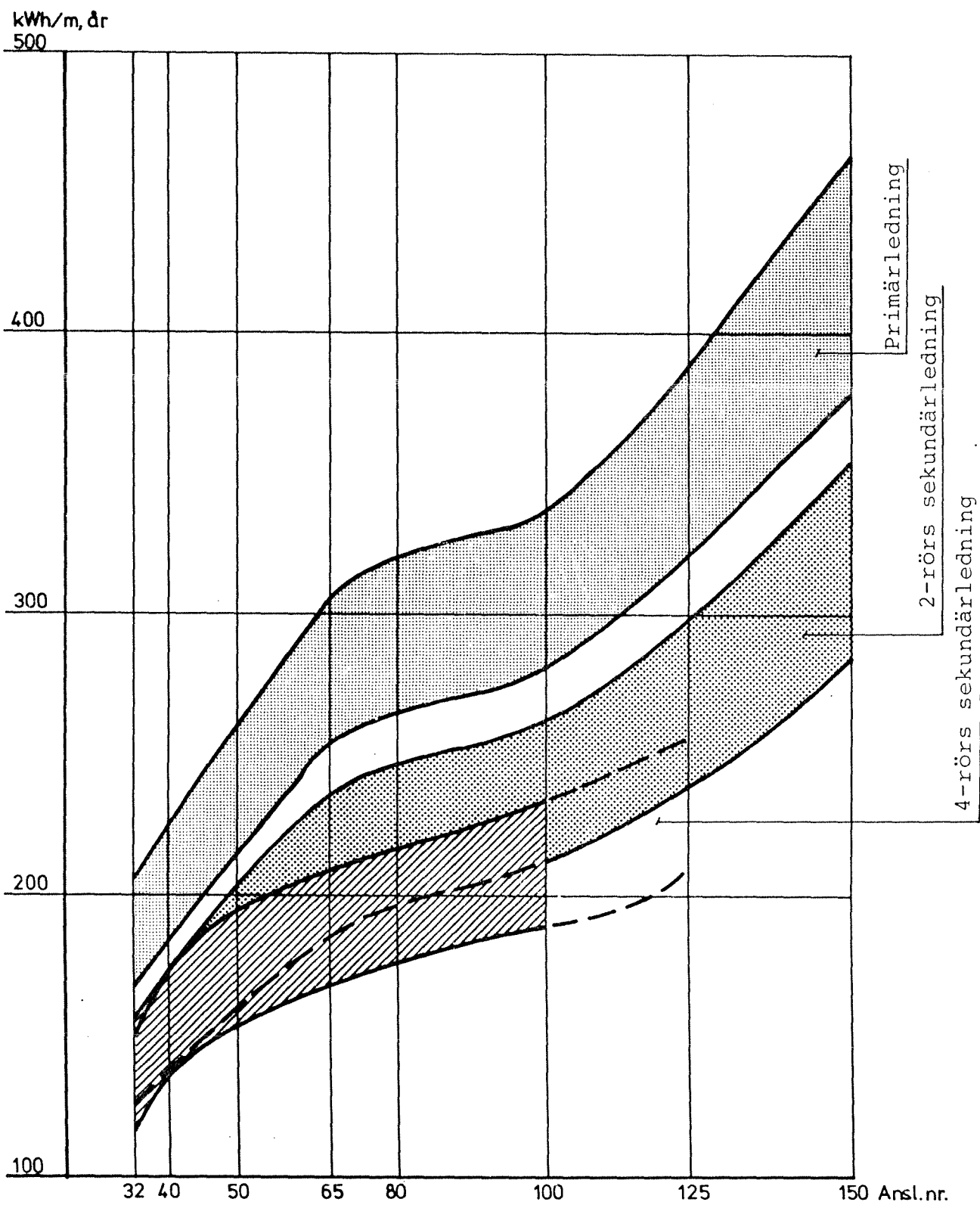
VÄRMEFÖRLUST
KULVERTTYP III-VIII

kWh/m,år
500



VÄRMEFÖRLUST
KULVERTTYP IV-IX

DIAGRAM 20



VÄRMEFÖRLUST
KULVERTTYP V-X

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse, VAST
- Statens Vattenfallsverk
- Studsvik Energiteknik AB
- Svenska Cellulosa- och Pappersbruksföreningen/Ångpanneföreningen
- Svenska Gasföreningen
- Svenska Värmeverksföreningen
- Tillverkande Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR), Statens Energiverk och Styrelsen för Teknisk Utveckling.