

BYGGFORSKNINGEN

Särtryck 13:1961

Korrosion på varmvattenrör
inbäddade i betong

av *Uno Trägårdh*

STOCKHOLM 1961

Korrosion på varmvattenrör inbäddade i betong

Av docent Uno Trägårdh, Tekniska Högskolan, Stockholm

DK 620.193:696.4:693.5

Många fall av snabb yttre korrosion på varmvattenrör i betong har inträffat. I de flesta fall har kraftigt lokaliserade angrepp kunnat iakttagas. Laboratorieundersökningar har visat att luftningselement eller andra koncentrationselement är orsaken. Laboratorieförsöken har följts genom potentialmätningar.

Olika betongsorter, ytbehandling av rören, och försök med inhibitortillsatser har gjorts och resultaten redovisas. Arbetet har möjliggjorts genom anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning.

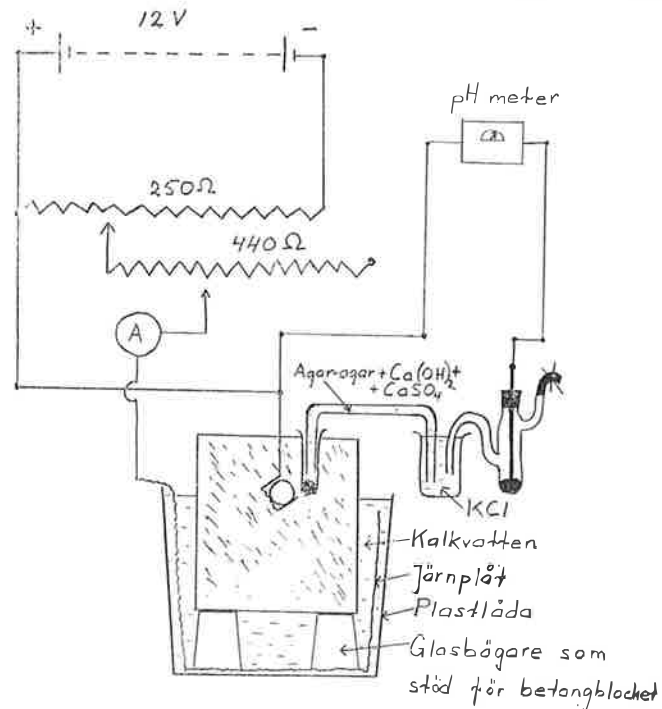


Fig. 2. Koppningsschema.

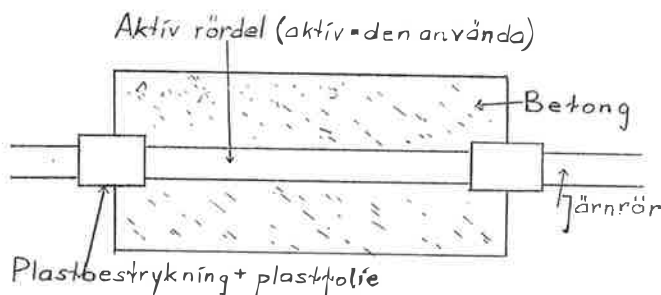


Fig. 1. Försökskropparnas utformning.

Under de senaste åren har många fall av snabb yttre korrosion på varmvattenrör ingjutna i betong inträffat. Oftast är dessa korrosionsskador lokaliserade till vissa starkt begränsade områden och har karaktären av typisk punkt- eller gropfrätning. Denna korrosionstyp beror på förekomsten av stora katodytor och små anodytor och

misstankar att koncentrationselement är orsaken ligger nära till hands.

Om man helt allmänt betraktar de orsaker, som kan ge anledning till uppkomsten av galvaniska element (korrosionselement) på utsidan av varmvattenrör inbäddade i betong får man följande uppdelning:

1. Från stålet härrörande orsaker:

Yt-föroreningar, t. ex. glödskal och valshud, ädlare strukturbeståndsdelar, t. ex. främmande metaller från tillverkningsprocessen, slagg, grafit, cementit, sulfidineslutningar.

2. Från korrosionsmediet härrörande orsaker: Elektrolytens (porvattnets) fördelning över stålytan. Koncentrationsolikheter på olika ställen framkallade av kondensation, resp. avdunstning vid kall- resp. varmvägg. Föroreningar eller med avsikt tillsatta lösliga ämnen t. ex. CaCl_2 eller andra snabbbindare. Termogalvaniska effekter. Bakterier som ger korrosiva produkter t. ex. anaeroba svavelbakterier. Betongens anliggnings mot stålytan.

3. Utifrån kommande orsaker: t. ex. atmosfärens föroreningar. Ojämn lufttillförsel genom sprickor, olika täthet resp. porositet hos betongen innebärande risk för uppkomsten av luftningselement. Dessa är mycket vanliga i trånga spalter, i sprickor i betongen eller när anläggningsmaterialet är poröst. Vagabonderande elektriska strömmar kan även vara orsaken till korrosion.

Det är mycket sannolikt att luftningselementen enbart eller förstärkta

med olikheter i alkali- resp. saltkoncentrationen kan vara orsaken till den snabba korrosion, som stundom inträffar på rörslingor i betong.

Korrosion av armeringsjärn i betong har undersökts av Mrs. R. Friedland [1] både ur synpunkten av betongens sammansättning som av klimatets inverkan. Hon påpekade att betongkonsistensen dvs. vatten: cementförhållandet var en viktig faktor om man vill undvika korrosion. S. Halstead och L. A. Woodworth [2] visade att salter i betong kan ge anledning till nära 0,5 V potentialdifferenser. C. A. Lobry de Bruyn [3] har framhållit den stora vikten av att mekanismen vid korrosionen av armeringsjärn snarast klarlägges och att detta sker genom modellement i laboratorieförsök, medan R. R. Stratfull [4] redogör för ett ingående studium av ett praktiskt korrosionsfall, nämligen San-Mateo-Haywardbron, som har längden 11 km, vilken efter 7 år måste genomgå omfattande reparationsarbeten.

Klorid tillsats till betong ändrar karaktären av ström-spänningskurvan vid anodisk polarisation och det naturliga passiva skiktet hos stålet nedbrytes medan i en 0,1 n NaOH-lösning eller i mättad $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -lösning stålet förhåller sig passivt liksom i prima cement. A. Baumel o. H. J. Engel [5] samt H. Kaesche [6] har utfört omfattande polarisationsmätningar.

I ett par artiklar har T. Sneek (Nordisk Betong 3 (1959): 3 s. 225 och 5(1961): 1 s. 1) behandlat armeringsstålets korrosion.

Vid de försök som här skall redogöras för har såväl statistiska potentialbestämningar som anodiska polarisationsmätningar utförts på betongblock med ingjutna varmvattenrör. Utformningen av försökskropparna framgår av fig. 1. De yttre dimensionerna var $225 \times 126 \times 125$ mm. Värmeledningsröret går genom en sådan betongkropp och befinner sig horisontellt i centrum. För att röret skall komma att utgöra en ekvipotentialyta avgränsades en bestämd del därav inne i betongen. På ett 50-60 mm brett bälte på båda sidor om den plats där gränsen betongluft kom att gå, beströks röret med plastlim. (Casco kontaktlim.) Denna bstrykning måste göras mycket omsorgsfullt på den förut rengjorda järnytan och limmet måste få torka (gärna i helt lindrig värme) innan man lägger på mer lim eller plastfolie. För att få vätskekontakt med referenselektroden ingöts ett böjt och till en spets utdraget glasrör, fyllt med glasull, som vid mätningen fylldes med mättat kalkvatten eller betonguppslamning. Härigenom kunde vätskekontakt med

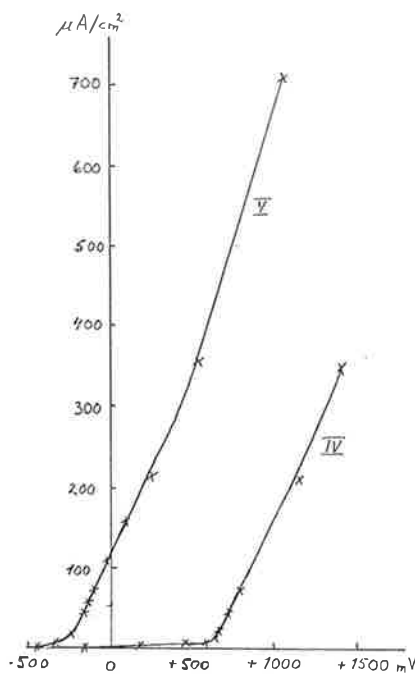


Fig. 3. Betongblock med värmeledningsrör. Block IV utan CaCl_2 , V med 2% CaCl_2 .

Luggin-kapillären åstadkommas.

Kopplingsschemat framgår av fig. 2.

En normal prima betongblandning som användes vid försöken såsom standardblandning bestod av 3 kg cement, 12 kg betongsand, 1720 ml vatten, och den aktiva järnytan 145 cm^2 .

Försöksresultat

Inverkan av CaCl_2 . Två betongblock, det ena med 2% CaCl_2 (räknat på in-

gående torr cement), det andra kloridfritt iordningställdes och den statistiska potentialen mellan de två stålroren följdes omedelbart efter gjutningen, sedan blocken ställts ned i en gemensam vattenbehållare.

Tid, tim	Potentialskillnad, mV
0	- 11
0,5	- 23
1,0	- 30
22,0	-190
23	-188
24	-187

Röret i den kloridhaltiga betongen är -pol, dvs. anod och korroderar sålunda. Ström-spänningsmätningar vid anodisk polarisering utförda på varje försöksblock ett dygn efter gjutningen återfinns på fig. 3. Potentialmätningarna har gjorts med mättad kalomel-elektrod som referenselektrod. Kurva IV, som representerar den CaCl_2 -fria betongen, ger belägg för att vid anodisk polarisering stålroret snabbt passiveras medan kloridjonerna i andra blocket hindrar passivering.

Reproducerbarheten i försöken framgår av fig. 4, där ett annat betongblock gjutet av standardbetong ett dygn före de tidigare nämnda blocken mättes på samma sätt, först två dygn efter gjutningen varefter mätningarna gjordes om efter ytterligare sex dygn. Under vilotiden har betongen ytterligare härdat. Den anodiska ström-spänningskurvan hos det ingjutna stålroret visar sålunda en ännu mer utpräglad passivitet än tidigare.

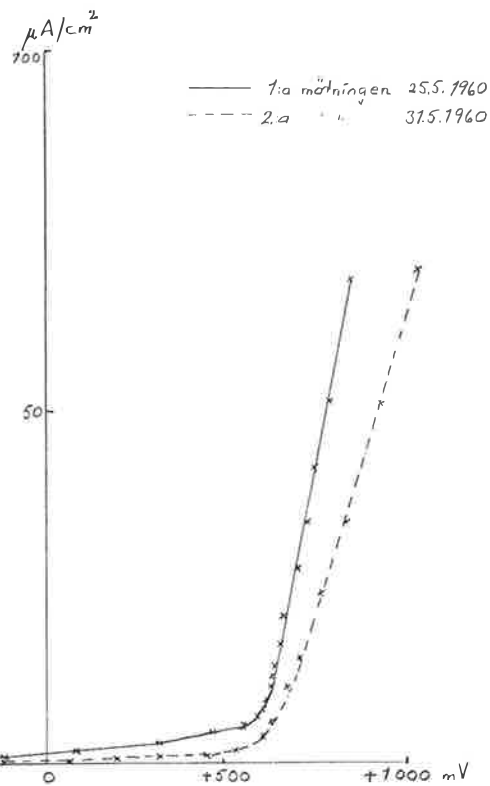


Fig. 4. Provkropp III (utan CaCl_2). Gjutten 23.5 1960. Aktiv järnyta ca 145 cm^2 .

Vid ström-spänningsmätningarna enligt den använda klassiska metoden (galvanostatiska) förfäres så att den pålagda strömmen hålles konstant under tio minuter varunder potentialskillnaden mellan stålroret och referenselektroden observeras som funktion av tiden. Härvid iakttas att potentialen stiger med tiden i den kloridfria betongen medan den faller i den kloridhaltiga när strömtätheterna är

höga. Fig. 5 visar begynnelse- och slutvärden på potentialskillnaderna under mätperioden för stålror i betong innehållande 2 % CaCl_2 . Försök har utförts med tillsats av inhibitorer till betongblandning innehållande endast 1 % CaCl_2 . Fig. 6 visar dylika ström-spänningskurvor för två betongblock, no VI utan inhibitor och no VII med 2,5 % natriumbensoat (beräknat på cementvikten). Vilospänningen för

båda blocken var praktiskt taget lika men polarisationskurvan för blocket med bensoat visar en viss inhibitorverkan. Av kurvorna finner man även att 1 % CaCl_2 ger betydligt mindre korrosion än 2 % CaCl_2 .

Vid ökning av kloridhalten till 2 % CaCl_2 och minskning av natriumbensoattillsatsen till 1,5 % erhöles kurvorna på fig. 7. Kurvan VIII upptogs i bensoatfri och kurvan IX i bensoathaltig betong. Någon inhibitorverkan framträder tydligen ej. Man kunde vid gjutningen iakttä att en fällning av kalciumbensoat bildades.

Däremot kunde en tydlig inhibitorverkan av natriumnitrit observeras (kurva X, fig. 8). Betongblocket innehöll 2 % CaCl_2 och 2 % NaNO_2 . Ström-spänningskurvan visar en utpräglad tendens till passivitet jämfört med motsvarande kurva för nitritfri betong (kurva V) och ligger närmare den kloridfria betongen.

En serie försök med användning av liknande modellelement men med olika behandling av rörmaterialets yttertor före ingjutningen har börjat studeras. Härvid har betongen varit kloridfri. Den typ av korrosionselement som undersökes är koncentrationselement av följande slag:

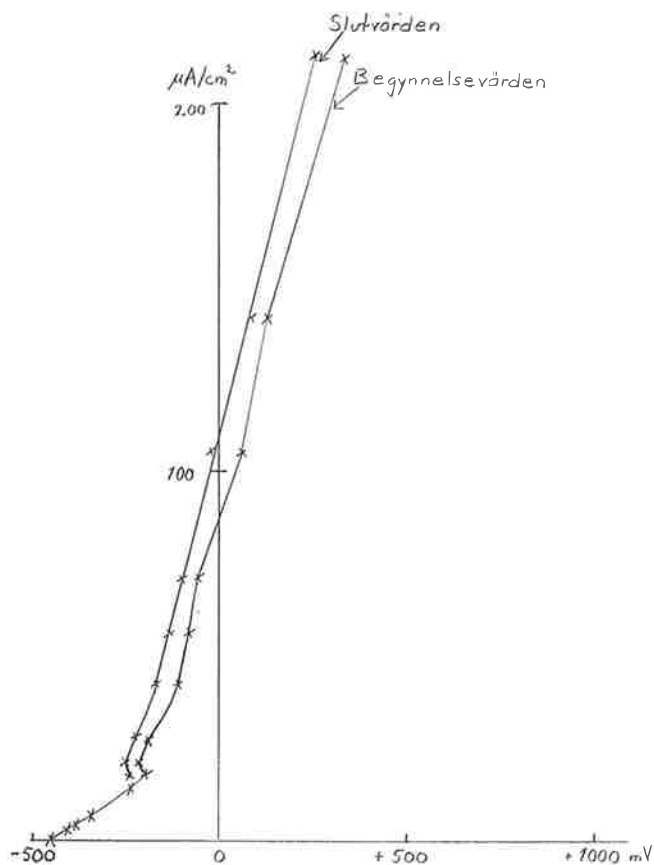
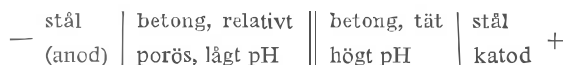


Fig. 5. Provkropp V.

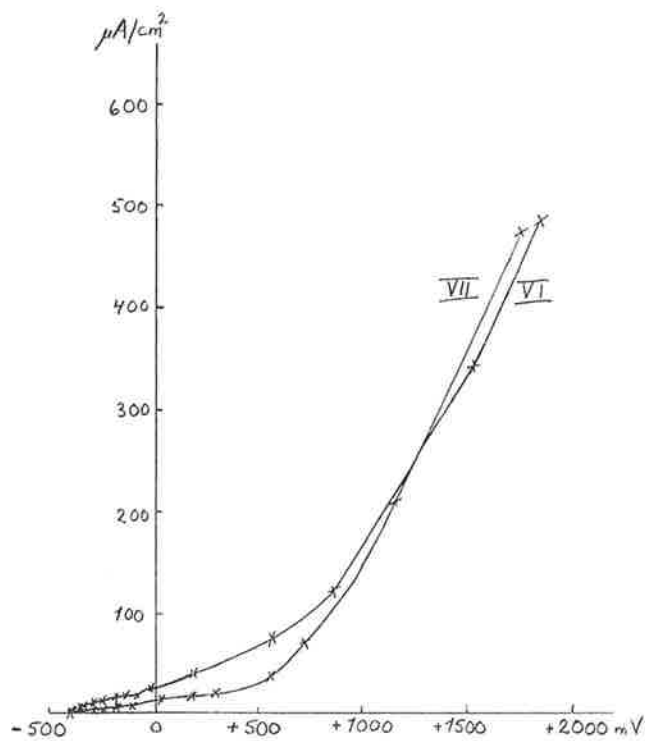


Fig. 6.

För ändamålet har av varje ytbehandlat rör ett ingjutits i gods, tät betong av den nämnda normaltypen, ett likadant i porös, dålig betong, bestående av grov sand i överskott av vatten och cementsandförhållandet 1:4. Betongen vibrerades ej. Ytbehandlingen av rören var sandblästring, fosfatering, varmförzinkning, utan behandling och på förhand starkt rostade genom utomhuslagring. Sedan betongblocken tagits ur formarna placerades de i plastlådor med vatten i botten och vilopotentialerna mot kalomelektrod uppmättes. Efter 70 dygn började varmvatten ledas genom rören ca 8 tim/dygn och omedelbart före uppmättes följande potentialer hos stålroren mot mättad kalomelektrod.

Blocken I, II samt IX, X visar de ädlaste värdena gentemot referenselektroden, men samtidigt de största potentialdifferenserna mellan samma rör i bra och dålig betong, dvs. vid dessa ytbehandlingar spelar betongens beskaffenhet största rollen.

Innan varmvattensförsöken påbörjats ger de erhållna siffervärdena möjlighet att bedöma under vilka förhållanden betongen verkar bäst passiverande på järnet och under vilka förhållanden största risken förefinnes för

uppkomsten av galvaniska element om man gjuter in ett och samma rör i omväxlande bra och dålig betong. Av resultatet efter ca 2 månader finner man, att blocken II resp. X gav de numeriskt lägsta värdena på potentialdifferensen gentemot kalomelelektroden (dvs. de mest positiva värdena) när det gäller prima betong (-68 till -89 mV). Detta resultat är ju en god bekräftelse på det faktum, att man inte får något besvär med korrosion, om man gjuter in järn med glödskal eller något rost i *prima* betong. Samtidigt finner man, att just vid blocken II och X får man de största potentialdifferenserna mellan järnrör i prima betong och d:o i sekunda betong, med andra ord, i dessa fall är risken störst för uppkomsten av korrosionselement om man gjuter in ett och samma järnföremål i olika slags betong. Detta förhållande har en mera vittomfattande betydelse än när det rör sig om enbart värmeledningsrör. Och väl att märka, blocken II och X är just vad man har att göra med i de flesta fall i praktiken. Slutsatsen är, att man måste bemöda sig om att åstadkomma en likformig betong av bästa beskaffenhet om man vill hindra eller minska risken för uppkomsten av korrosionselement. Beträffande uppvärmningens inflytande på potentialbildningen kan man se redan nu, att varmvattengenomledning ca 8 h per dygn och självvalning åstadkommer en övergående, men väl markerad *sänkning* av potentialdifferensen mellan en rörbit i prima och i sekunda betong. Detta är särskilt markerat för sand-

Ytbehandling	Betongblock	Potential	Differens
Rör med valshud ej rostiga	I dålig betong.....	-240 mV	172 mV
	II bra betong.....	- 68 mV	
Sandblästrade rör.....	III dålig betong.....	-260 mV	76 mV
	IV bra betong.....	-184 mV	
Fosfaterade rör.....	V dålig betong.....	-272 mV	52 mV
	VI bra betong.....	-220 mV	
Varmförzinkade rör	VII dålig betong.....	-568 mV	15 mV
	VIII bra betong.....	-553 mV	
Rör med valshud + rost	IX dålig betong.....	-250 mV	161 mV
	X bra betong.....	- 89 mV	

blästrade rörbitar, ty här kan nämnda skillnad gå ned till praktiskt taget 0. Beträffande sänkningen av potentialdifferensen i värme är denna endast övergående och i samtliga fall bli potentialerna oädlare.

Arbetet har utförts på Institutionen för Byggnadsteknik, Kungl. Tekn. Högskolan, av min medhjälpare civilingenj. Gustav Nilsson och möjliggjorts genom anslag från Statens Nämnd för Byggnadsforskning, för vilket ett varmt tack framföres.

Litteratur:

1. *Friedland, R:* Influence of the Quality of Mortar and Concrete upon Corrosion of Reinforcement Proc. Am. Concrete Inst. 47 (1951): 2 s. 125.

2. *Woodworth, L A & Halstead, S:* The Detioration of Reinforced Concrete Structures under Coastal Conditions. Trans. South African Inst. Civil Engineers 5 (1955): 4 s. 10.
3. *Lobry de Bruyn, C A:* Cracks in Concrete and Corrosion of Steel Reinforcing bars. RILEM Symposium, Stockholm 1957, Vol. II s. 341.
4. *Stratfull, R R:* The corrosion of Steel in a Reinforced Concrete Bridge. Corrosion 13 (1957) s. 43.
5. *Bäumel, A & Engell H, J:* Korrosion von Stahl im Betong. Archiv für das Eisenhüttenwesen 30 (1959) s. 417.
6. *Kaesche, H:* Die Prüfung der Korrosionsgefährdung von Stahlarmierungen durch Betongzusatzmittel. Zement - Kalk - Gips 12 (1959): 7 s. 289.

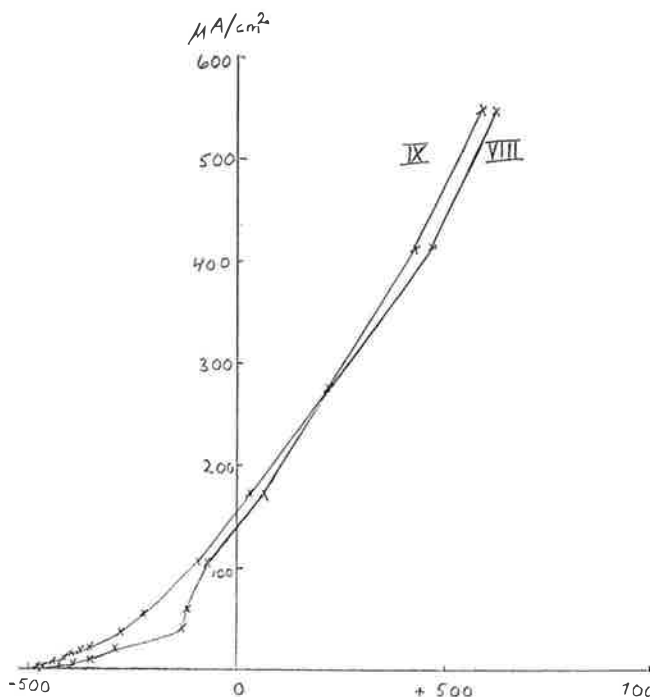


Fig. 7.

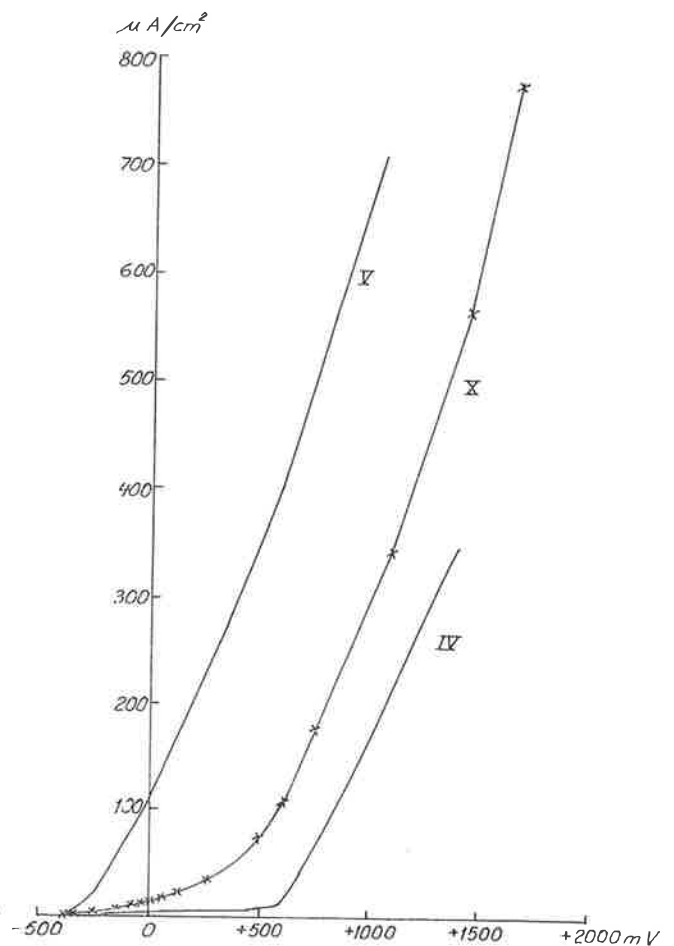


Fig. 8.

- Särtryck** Utgivare: Statens råd för byggnadsforskning
- 1957:** 7. *Ronge, Hans och Löfstedt, Börje.* Strålningsdrag från kalla tak. Stockholm 1957. 8 s. Kr. 1:50.
8. *Ronge, Hans och Löfstedt, Börje.* Luftfuktighetens värmeverkan och »effektiv temperatur». — Hur varma är kläder vid olika luftfuktighet? Stockholm 1957. 15 s. Kr. 2:50.
11. *Klingberg, Lennart och Olsson, Eskil.* Krandagbok. En metod för arbetsstudier på tornsvängkranar. Stockholm 1957. 18 s. Kr. 2:—.
- 1958:** 1. *Klingberg, Lennart, Olsson, Eskil m. fl.* Monterbara fasadställningar. Stockholm 1958. 27 s. Kr. 3:—.
2. *Tynelius, Sven.* Parkeringsundersökning från luften med tillhjälp av stereobilder. Stockholm 1958. 13 s. Kr. 1:50.
3. Uppsatser om golv. Stockholm 1958. 62 s. Kr. 3:—.
6. *Saare, Erik.* Forskning om fukt i byggnadsmaterial. Stockholm 1958. 7 s. Kr. 2:—.
- 1959:** 1. *Höglund, Ingemar m. fl.* Invändig ytbehandling i betonghus. Stockholm 1959. 11 s. Kr. 1:—
2. *Backmark, Lennart, Blomgren, Boris, Jacobsson, Mejse och Månsson, Kurt.* Byggnadsverksamhet och bostadsförhållanden i Sovjetunionen. (Fyra artiklar.) Stockholm 1959. 48 s. Kr. 4:—.
4. *Bjerking, Sven-Erik och Höglund, Ingemar.* 1. Platsgjutning av betong för putsfria ytor. 2. Ytjämnhet hos putsfria betongytor. Stockholm 1959. 12 + 8 s. Kr. 1:50.
5. *Eneborg, Ingmar.* Driftundersökningar på små oljeeldade värmeanläggningar. Stockholm 1959. 7 s. Kr. 1:—.
- 1960:** 2. *Jacobsson, Mejse.* Monteringsbyggeri i Europa. Stockholm 1960. 8 s. Kr. 1:50.
3. *Mandorff, Sven.* Förinställningsberäkning — ett viktigt led i värmeanläggningens projektering. Stockholm 1960. 16 s. Kr. 3:—.
4. *Eneborg, Ingmar.* Värmeutbytet vid sopeldning. (Två artiklar.) Stockholm 1960. 12 s. Kr. 3:—.
5. *Westin, Olle.* Markexploatering. Stockholm 1960. 7 s. Kr. 1:50.
6. *Saare, Erik.* Åldringsbeständighet hos byggnadsmaterial av plast. Stockholm 1960. 8 s. Kr. 1:50.
7. *Jacobsson, Mejse.* Byggnaders underhåll — ett viktigt forskningsområde. Stockholm 1960. 8 s. Kr. 2:—.
8. *Tynelius, Sven.* Kan det äldre villabeståndet förnyas? Stockholm 1960. 4 s. Kr. 1:50.
9. *Eneborg, Ingmar och Nilsson, Stig.* Problem kring soporna. Stockholm 1960. 7 s. Kr. 2:—.
- 1961:** 1. *Holm, Lennart.* Kreditvärdesbedömning och samhällsplanering. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 1:50.
2. *Nyquist, Ingemar resp. Jansson, Ingvar.* Den III internationella betongvarukongressen, Stockholm, 16—22 juni 1960. RILEM:s lättbetongsymposium, Göteborg, 20—23 juni 1960. (Två sammanfattningar.) Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.
3. *Dirke, Lars.* Varmvattenförbrukning i lägenheter med och utan varmvattenmätare. Stockholm 1961. 12 s. Kr. 3:—.
4. *Brandt, Ove.* Luft- och stegljudsisolering i monteringsbyggda bostadshus. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.
5. *Pleijel, Gunnar.* Fönsterglasens transmission av strålning från sol och himmel. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.
6. *Blomberg, Clas.* Matematisk-statistisk behandling av en stadsplaneprognos. Stockholm 1961. 4 s. Kr. 1:—.
7. *Rasmussen, Poul.* 1. Försök med nersotning av en värmepanna. 2. Hur ofta lönar det sig att sota en värmepanna? — Nomogram för bestämning av optimala sotningsintervaller. Stockholm 1961. 5 + 7 s. Kr. 3:—.
8. *Löfstedt, Börje.* Vertikal temperaturgradient och väggtemperatur — modellförsök i klimatkammare. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.
9. *Holm, Lennart.* Ett svenskt institut för byggnadsforskning. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 1:—.
11. *Brandt, Ove och Bring, Christer.* Stegljudsisolering och beständighet mot intryck hos golvbeläggningar på massivbjälklag av betong. Stockholm 1961. 13 s. Kr. 2:—.
12. *Löfstedt, Börje och Ronge, Hans.* Strålningsdrag från en kall fönsteryta. Experimentell undersökning med värmeflödesmätning. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.

Pris kr. 2:—

Distribueras av
AB Svensk Byggtjänst
 Stockholm C · Pg. 540 33