



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R22:1986

Värme ur avloppsledningarnas ventilationsluft

Praktiska försök

Bernt Karlsson

W/A

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *ser*

Bygghforskningsrådet

R22:1986

VÄRME UR AVLOPPSLEDNINGARNAS VENTILATIONS LUFT

Praktiska försök

Bernt Karlsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831529-7
från Statens råd för byggnadsforskning till K-Konsult,
Stockholm.

REFERAT

I dagens avloppsnät finns en total tillgänglig värmemängd av i storleksordningen 30 TWh/år. På grund av föroreningarnas art och sammansättning har det hitintills varit svårt att på ett ekonomiskt försvarbart sätt kunna återvinna någon betydelsefull del av den angivna värmemängden.

Nu finns en ny, okonventionell metod, som på ett mycket enkelt sätt återvinner värme ur avloppsledningsnätet utan direkt beröring med det förorenade vattnet. Metoden går ut på att befintligt avloppsledningsnät utnyttjas som värmeväxlare genom att ett styrt luftflöde förs genom ledningsnätet och på så sätt upptar värme ur avloppsvattnet respektive omgivande mark.

I en tidigare studie (Rapport R46:1984) har en teoretisk beräkning genomförts på hur stort effektuttag enligt ovanstående, som kan erhållas från ett avloppsledningsnät. Den teoretiska studien visade att stora energimängder var möjliga att erhålla från avloppsledningsnäten med hjälp av metoden.

För att utvärdera huruvida den teoretiska beräkningen med dess förutsättningar stämmer överens med verkligheten, har praktiska försök genomförts. Resultaten från dessa försök redovisas i denna studie.

De praktiska försöken har visat att det är möjligt att i flerbostadshusen erhålla en värmeeffekt på ca 0,8 kW/lgh. I småhus är det på motsvarande sätt möjligt att erhålla 1,5-2,0 kW/fastighet.

Ovanstående innebär att sett till hela det svenska fastighetsbeståndet så är den totala potentialen för flerbostadshusen 3,5-4,5 TWh/år respektive 7,5-10 TWh/år för småhusen. Till ovanstående siffror tillkommer potentialen från frånluften, som är ca dubbelt så stor som potentialen från avloppsventilationsluften. Totalt erhålls enligt metoden ca 25 TWh/år.

De praktiska försöken visar vidare att det är möjligt att täcka 80-90% av en bostads energibehov med hjälp av metoden.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R22:1986

ISBN 91-540-4542-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING

1	BAKGRUND OCH AVGRÄNSNINGAR	6
2	VÄRME UR AVLOPPSLEDNINGARNAS VENTILATIONS- LUFT, PRAKTISKA FÖRSÖK	7
2.1	Inledning	7
2.2	Beskrivning av försöksanläggningen	8
3	RESULTAT FRÅN FÖRSÖKSANLÄGGNINGEN	11
3.1	Avloppsvattnets temperaturvariation	11
3.2	Upptagen värmemängd från avloppslednings- nätet, försöksanläggning	12
4	AVLOPPSLEDNINGSNÄTET SOM VÄRMEVÄXLARE	14
4.1	Teori	14
4.2	Teoretiska beräkningar	15
5	UTTAGBAR POTENTIAL FÖRSÖKSOMRÅDET	19
6	UTNYTTJNINGSBAR POTENTIAL, FLERBOSTADS- OMRÅDEN	21
6.1	Allmänna förutsättningar	21
6.2	Effekt/energibehov, uppvärmning fler- bostadshus	22
6.3	Värmeenergi från frånluftventilation res- pektive avloppsledningarnas ventilations- luft, energibalansberäkning	24
6.3.1	Förutsättningar	24
6.3.2	Energibalansberäkning 40-talslägenhet	25
6.3.3	Energibalansberäkning 80-talslägenhet	28
6.4	Analys av beräkningsresultatet	32
7	UTNYTTJNINGSBAR POTENTIAL, SMÅHUS	34
8	POSITIVA/NEGATIVA KONSEKVENSER	35
8.1	Ökad ventilation av avloppsledningarnas nät	35
8.2	Undertryck i avloppsledningarnas nät	36
8.3	Frysrisken i avloppsledningarnas nät	37
9	KOSTNADER FÖRSÖKSOMRÅDET	38
10	SLUTSATS	39
11	REFERENSER	40

SAMMANFATTNING

Sannolikt finns i dag en total tillgänglig energimängd i avloppsledningsnätet av 30 TWh/år. Hitintills har det varit svårt att utnyttja denna energimängd på ett ekonomiskt försvarbart sätt, främst beroende på avnämarsidans lokalisering i förhållande till avloppsreningsverk, föroreningarnas art och sammansättning, bebyggelsestruktur etc.

I denna studie har en ny okonventionell metod studerats, som till stora delar löser ovanstående problem och på ett mycket enkelt sätt återvinner värme ur avloppsledningsnätet.

Metoden går ut på att befintligt avloppsledningsnät utnyttjas som värmeväxlare genom att ett styrt luftflöde förs från intagspunkter på ledningsnätet mot en spillvattenproducent. Spillvattenproducenter kan antingen vara ett enfamiljshus, flerfamiljshus, industri el dyl. Den upptagna värmen tas till vara i konventionella luft/vattenvärmepumpar, anslutna till berörda fastigheter och man kan därför även tillgodogöra sig värmets ur fastigheternas frånluftsflöde genom att blanda detta flöde med avloppsventilationsflödet. Härigenom ökar den återvunna energin högst betydligt.

I en tidigare studie (Rapport R46:1984) har en teoretisk beräkning genomförts på hur stort effektuttag enligt ovanstående, som kan erhållas från ett avloppsledningsnät. Den teoretiska studien visade att stora energimängder var möjliga att erhålla från avloppsledningsnäten med hjälp av metoden.

För att utröna huruvida den teoretiska beräkningen med dess förutsättningar stämmer överens med verkligheten, har praktiska försök genomförts. Resultaten från dessa försök redovisas i denna studie.

De praktiska försöken har visat att det är möjligt att i flerbostadshusen erhålla en värmeeffekt på ca 0,8 kW/lgh. I småhus är det på motsvarande sätt möjligt att erhålla 1,5-2,0 kW/fastighet.

Ovanstående innebär att sett till hela fastighetsbeståndet så är den totala potentialen för flerbostadshusen 3,5-4,5 TWh/år respektive 7,5-10 TWh/år för småhusen.

Till ovanstående siffror tillkommer potentialen från frånluften, som är ca dubbelt så stor som potentialen från avloppsventilationsluften. Totalt erhålls enligt metoden ca 25 TWh/år

De praktiska försöken visar vidare att det är möjligt att täcka 80-90 % av en bostads energibehov med hjälp av metoden.

Utnyttjades endast 10 % av det svenska avloppsledningsnätets längd för energiupptagning enligt metoden kan 2,5 TWh/år erhållas för uppvärmningsändamål.

En temperaturstudie visar att avloppsvattnets temperatur sjunker ca 10°C på väg ned till avloppsreningsverket. Den största temperatursänkningen (ca 5°C) sker i stort sett i anslutning till fastigheterna. Skall denna energimängd kunna utnyttjas, måste energiuttaget ske i omedelbar anslutning till fastigheten.

Med den beskrivna metoden kan det sistnämnda åstadkommas på ett mycket enkelt sätt, samtidigt som även energiinnehållet i frånluften kan utnyttjas. Man kan även påräkna en rad positiva effekter på avloppsledningsnätet i form av mindre korrosion etc.

1 BAKGRUND OCH AVGRÄNSNINGAR

Avloppsvattnet, som i dag transporteras via ledningar till avloppsreningsverken, har enbart från landets bostadshus ett värmeinnehåll av storleksordningen 10 TWh/år. En motsvarande mängd förs till avloppsledningsnäten från industri, kontor samt offentliga byggnader.

Samtidigt med att dessa vattenmängder transporteras i avloppsledningsnätet sker ett värmeutbyte mellan ledningarna och angivande mark. Avloppsvatten, som är varmare än den omgivande marken, kyls av, medan kallare avloppsvatten värms upp.

Avkylning respektive uppvärmning beror dels på den värmeöverförande ytan, men även på graden av inläckande grundvatten samt eventuella dagvattenpåsläpp. Inläckning respektive värmeöverföring torde ge ett värmetilskott av storleksordningen 10 TWh/år. Sammantaget är därmed den totala tillgängliga värmemängden i avloppsledningsnätet i storleksordningen 30 TWh/år.

Nu finns en ny, okonventionell metod, som på ett mycket enkelt sätt återvinner värme ur avloppsledningsnätet utan direkt beröring med det förorenade vattnet. Metoden går ut på att befintligt avloppsledningsnät utnyttjas som värmeväxlare genom att ett styrt luftflöde förs från intagspunkten på ledningsnätet mot en "spillvattenproducent". Spillvattenproducenten kan antingen vara ett enfamiljshus, flerfamiljshus, industri el dyl. Den upptagna värmen ur avloppsledningsnätet tas till vara i konventionella luft/vattenvärmepumpar, anslutna till berörda fastigheter.

De värmepumpar, som är tänkta att användas, är främst konventionella frånluftsvärmepumpar. Man kan därför även tillgodogöra sig värmets ur fastigheternas frånluftslöde genom att blanda detta flöde med avloppsventilationsflödet. Härigenom ökar den återvunna energin högst betydligt.

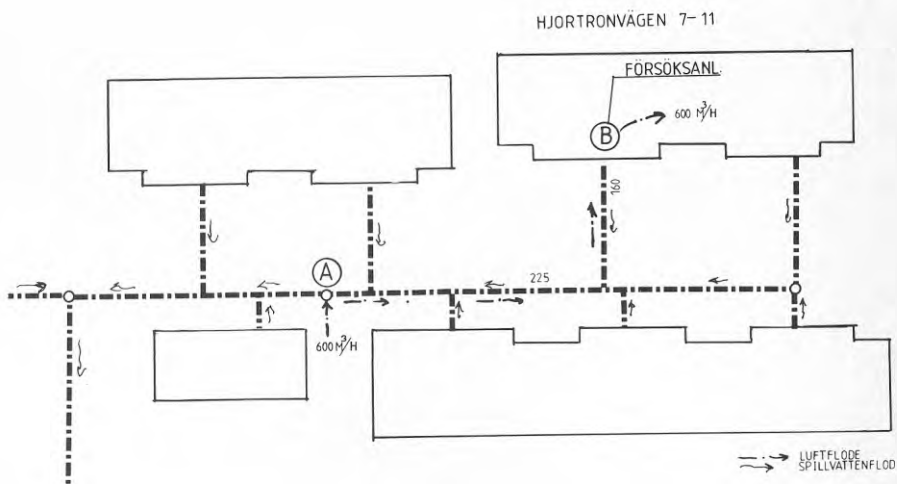
I en tidigare studie (Rapport R46:1984) har en teoretisk beräkning genomförts på hur stort effektuttag enligt ovanstående, som kan erhållas från ett avloppsledningsnät. Den teoretiska studien visade att stora energimängder var möjliga att erhålla från avloppsledningsnäten med hjälp av metoden.

För att utröna huruvida den teoretiska beräkningen med dessa förutsättningar stämmer överens med verkligheten, har praktiska försök genomförts. Resultaten från dessa försök redovisas i denna studie.

2.2 Beskrivning av försöksanläggningen

Försökets syfte var att utröna hur stor effektupptagning ur avloppsvattenflödet, som är möjlig att göra, då ett styrt luftflöde förs motströms avloppsvattenflödet mot en spillvattenproducent. Det befintliga avloppsledningsnätet utnyttjas därmed som en motströmsvärmeväxlare med avloppsvattnet som värmeavgivare och avloppventilationsluften som värmemottagare.

En av fastigheterna i figur 2.1 valdes ut för försöket. Urvalskriteriet för valet av denna fastighet var att minimera inverkan från övriga fastigheter genom att välja den del av ledningsnätet, som till största delen belastas av enbart den studerade fastigheten. Figur 2.2 visar den utvalda fastigheten med dess avloppsledningsnät. Huvudledningarna respektive servisledningarna utgörs av \varnothing 225/160 betongrör. Den del av ledningsnätet, som användes vid försöket, utgjordes av sträckan A-B.

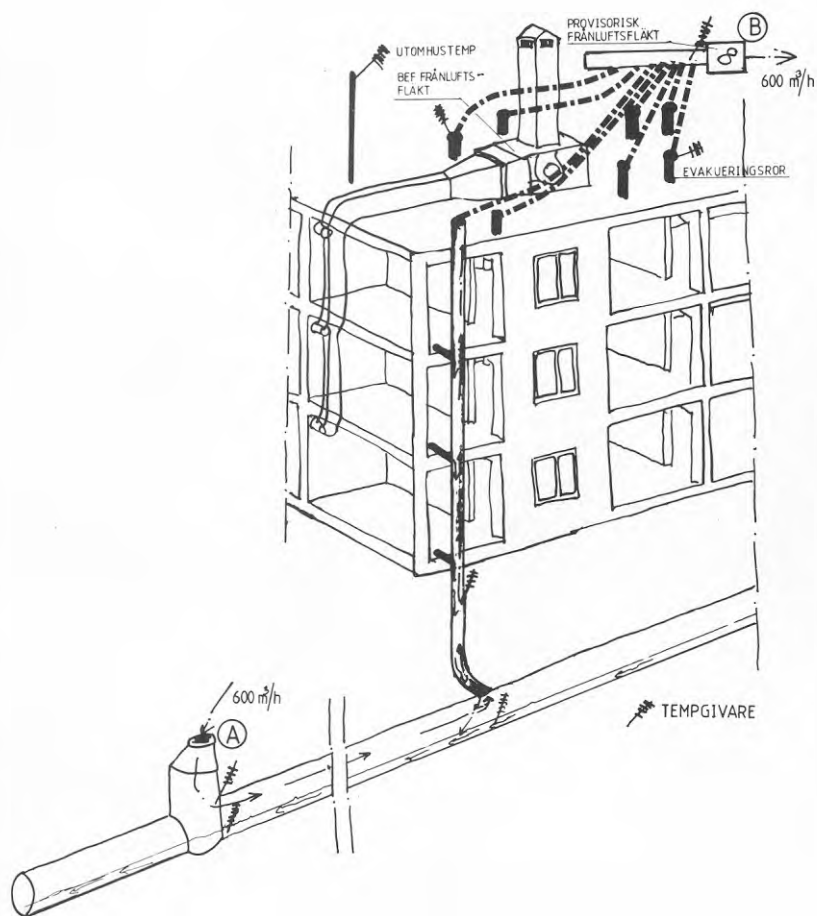


Figur 2.2. Försöksområdet med dess avloppsledningsnät

Punkten A utgörs av en inspektionsbrunn. Denna användes i försöksanläggningen som luftintag (slitsat brunnslock). Punkten B består av 8 st \emptyset 100 evakueringsrör, som står i förbindelse med punkten A. De sistnämnda rören drogs i försöken samman till ett samlingsrör och kopplades till en provisorisk frånluftsfläkt. Denna ställdes upp på taket bredvid den befintliga frånluftsfläkten.

Med hjälp av den provisoriska fläktens varvtalsreglering, justerbara luftintag samt rökgasprov, kunde den insugna luftens väg i ledningsnätet bestämmas. Systemet justerades in på ett sådant sätt, att den luftmängd som togs in i punkten A även togs ut i punkten B.

För att mäta temperaturförändringar på den insugna luften respektive spillvattnet, placerades ett antal givare ut enligt figur 2.3. Insamling av temperaturdata skedde med hjälp av en datalogg.



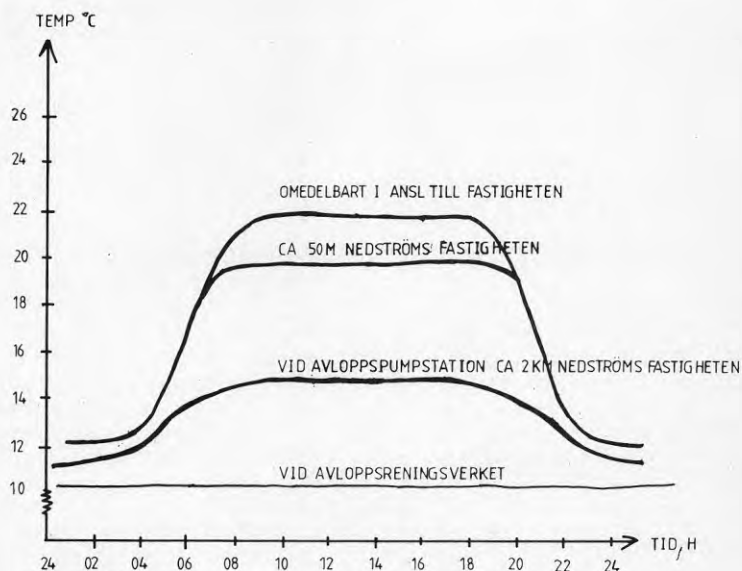
Figur 2.3. Sektion A-B, Utplacering av temperaturgivare

3 RESULTAT FRÅN FÖRSÖKSANLÄGGNINGEN

3.1 Avloppsvattnets temperaturvariation, försöksanläggning

Avloppsvattnets temperatur har mätts på två punkter, dels i omedelbar anslutning till fastigheten samt ca 45 m nedströms ledningen. Givarnas placering visas i figur 2.3.

I fig 3.1 visas resultatet från temperaturmätningarna.



Figur 3.1. Avloppsvattnets temperaturvariation, försöksanläggning

Ur figur 3.1 kan man konstatera att avloppsvattnets dygnsmedeltemperatur omedelbart i anslutning till fastigheten är ca + 22°C. Enligt tidigare BFR-rapport har hushållsspillvattnets dygnsmedelstemperatur beräknats till mellan + 20°C-25°C. De uppmätta temperaturerna får därför anses stämma väl överens med den teoretiskt beräknade dygnsmedeltemperaturen. Ca 45 m nedströms ledningen kunde man konstatera 2-3°C lägre dygnsmedeltemperatur på avloppsvattnet. Temperaturen mättes även i en avloppspumpstation ca 2 km från försöksanläggningen. I denna punkt hade ytterligare en temperatursänkning skett ned till ca + 14-15°C. Den slutliga temperaturen vid avloppsreningsverket var ca + 10°C - + 12°C.

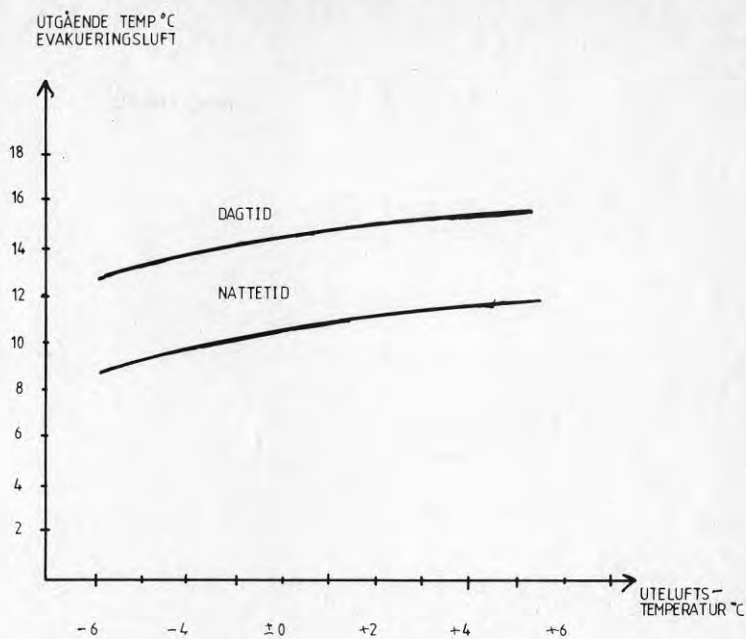
Ovanstående innebär att man förlorar ca 10°C på vägen från en spillvattenproducent till avloppsreningsverket. Temperatursänkningen erhålls genom förluster till omgivande mark, självdragsventilation, inläckning av grundvatten etc.

3.2 Upptagen värmemängd från avloppsledningsnätet, försöksanläggning

Den provisoriska frånluftsfläkten enligt tidigare beskrivning, justerades in på ett sådant sätt, att man ej riskerade tömning av vattenlåsen samt att den insugna luften i ledningsnätet tog den på förhand avsedda vägen. Den insugna luftens väg genom ledningsnätet kontrollerades regelbundet med hjälp av rök, samtidigt kontrollerades även vattenlåsen. Resultatet av denna kontroll visade att vattenlåsen inte tömdes vid något tillfälle samt att den insugna luften i ledningsnätet tog den på förhand avsedda vägen.

Med hänsyn till ovanstående kunde man i försöksanläggningen suga in 600 m³/h i en 45 m lång Ø 225/160 betongspillvattenledning. Den insugna luftens värmeupptagning från avloppsvattnet (d v s temperatur/fuktighetsökning) registrerades med hjälp av en datalogg. Samtidigt registrerades även avloppsvattnets temperatursänkning. Figur 2.3 visar försöksanläggningen samt placeringen av de temperaturgivare, som ingick i anläggningen.

Resultatet från temperaturmätningen redovisas i figur 3.2. Ur figuren kan man konstatera att den intagna uteluftens utgående medeltemperatur dagtid var 13-14°C och nattetid 8-9°C efter att den passerat avloppsvattenledningen. Den intagna uteluften hade dessutom blivit helt fuktighetsmättad. Avloppsvattnets dagtidsmedeltemperatur respektive flöde, var under försöksperioden + 20°C respektive 0,8 l/s. Nattetid utgjordes avloppsvattnets medeltemperatur respektive flöde av + 12°C respektive 0,2 l/s. Försöken pågick under februari-april 1984 och under hela försöksperioden var systemet stabilt.



Figur 3.2. Den insugna uteluftsens utgående medeltemperatur, dag/natt, som funktion av uteluftstemperaturen

Ur figur 3.2 kan man konstatera att sluttemperaturen på den utgående luften från avloppsvattenledningen i stort sett var oberoende oavsett om uteluftstemperaturen var + 2°C eller - 6°C, som var den lägsta temperatur som uppmättes. Det sistnämnda tyder på att ledningslängden, d v s den värmeöverförande ytan, är väl tilltagen i försöksanläggningen.

4 AVLOPPSLEDNINGSNÄTET SOM VÄRMEVÄXLARE

4.1 Teori

Om en icke fylld ledning med vatten passeras av en luftström, vars temperatur är lägre än vattnets, överförs en värmemängd till luftströmmen.

Den överförda värmemängden per tidsenhet från vattentytan till luften (eller omvänt) erhålls genom konvektion, avdunstning och strålning.

$$P = P_{kw} + P_d + P_s, \text{ där} \quad (4.1)$$

P = total överförd värmemängd

P_{kw} = värmemängd överförd vid konvektion

P_d = värmemängd överförd vid avdunstning

P_s = värmemängd överförd vid strålning, där

$$P_{kw} = A \cdot \alpha_{kw} (t'' - t) \quad (4.2)$$

$$P_d = r \cdot q_d = A \cdot r \frac{\alpha_{kw}}{C_{pl}} (x'' - x') \quad (4.3)$$

$$P_s = A \cdot s (t'' - t) \quad (4.4)$$

Vid mindre temperaturdifferenser och eftersom $P_s \ll 1$, kan värmeöverföringen genom strålning försummas, d v s $P_s = 0$.

Med hjälp av 4.1 + 4.2 + 4.3 erhålls:

$$P = A \frac{\alpha_{kw}}{C_{pl}} [(t'' - t) C_{pl} + r (x'' - x')] \quad (4.5)$$

Varav approximativt erhålls:

$$P = A \cdot \frac{\alpha_{kw}}{C_{pl}} (i'' - i') \quad (\text{J/s} = \text{w}) \quad (4.6)$$

I ekv 4.1-4.6 har följande beteckningar använts:

P = Överförd värmemängd per tidsenhet, J/s = w

A = Värmeöverförande yta, m²

α_{kw} = Värmeövergångstalet för konvektion mellan luft och vatten, W/m²°C, 20 W/m²°C

C_{pl} = Luftströmmens specifika värme, 1 000 kJ/kg C

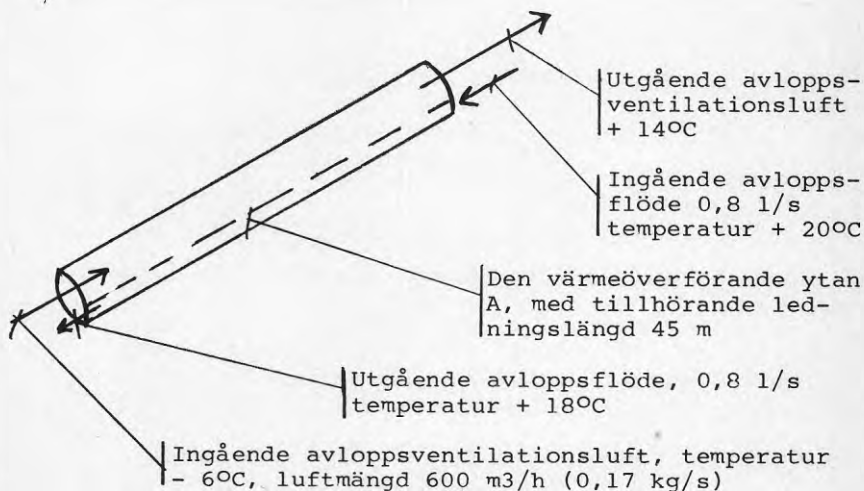
x'' = Fuktighetsinnehåll för mättad luft av vattnets temperatur (t''), kg/kg

x' = Fuktighetsinnehåll för luftströmmen, kg/kg

- r = Vattnets ångbildningsvärme, J/kg
 q_d = Avdunstade fuktmängden per tidsenhet, kg/s
 t = Luftströmmens temperatur i °C, som förutsätts
 $t > t_{\text{dagg}}$
 t'' = Fuktiga ytans temperatur
 i'' = Entalpin för mättad luft av fuktiga ytans tem-
 peratur, J/kg
 i = Entalpin för luftströmmen, J/kg

4.2 Teoretiska beräkningar

Med utgångspunkt från uppmätta värden enligt försöksanläggningen, figur 4.1, görs en teoretisk beräkning. Den teoretiska beräkningen syftar till att undersöka huruvida gjorda antaganden och de uppmätta värdena överensstämmer med varandra.



Figur 4.1. Uppmätta värden från försöksanläggningen

Enligt tidigare gäller:

Den överförda värmemängden genom konvektion och avdunstning bortsett från strålning är enligt 4.6

$$P = A \frac{\alpha_{kw}}{C_{pl}} (i'' - i) W$$

Den avdunstade fuktmängden är enligt 4.3

$$q_d = A \frac{\alpha_{kw}}{C_{pl}} (x'' - x) \text{ kg/s}$$

Beteckningar enligt ekv 4.1-4.6:

Värden på x , x'' , i och i'' tas ur diagram för fuktig luft.

Då $i'' > i$ är värmeöverföringen riktad från vattenytan och kylning av vattnet erhålls.

Då $i'' < i$ är värmeöverföringen riktad från luften och kylning av luften erhålls.

För värden på α_{kw} används erfarenhetsvärden.

Med hjälp av ovanstående ekvationer och figur 4.1 kan följande entalpitabeller uppställas, tabell 4.1-4.2.

Temp °C spillvatten	Entalpi, kJ/kg
+ 20°C	58
+ 18°C	51

Tabell 4.1. Avloppsvattnets entalpiförändring

Temp °C avlopps- ventilationsluft	Entalpiökning kJ/kg
- 6	- 0,42
+ 14	39

Tabell 4.2. Avloppsventilationsluftens entalpiförändring

Figur 4.2 visar förloppet vid värmeöverföring motströms mellan avloppsventilationsluft och avloppsvatten enligt figur 4.1.

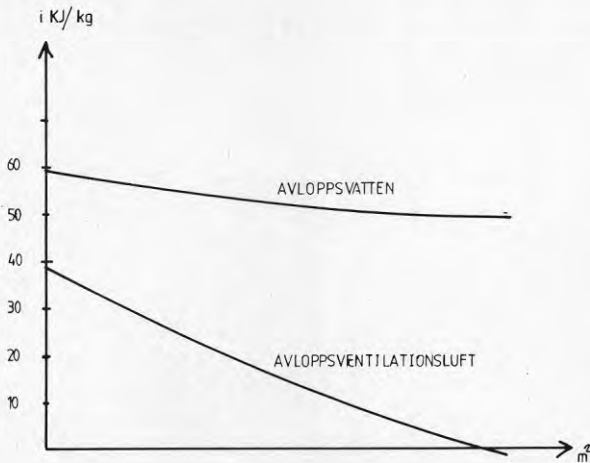


Fig 4.2. Värmeöverföring vid motström värmewäxling mellan avloppsvatten och avloppsventilationsluft

Vi har enligt figur 4.2

$$m = \frac{19 - 51}{\frac{19}{51}} = 32,5 \text{ kJ/kg}$$

Den totala avgivna effekten från avloppsvattnet till avloppsventilationsluften är med förutsättningen enligt figur 4.1 6,5 kW.

Erforderlig värmewäxlaryta blir för 6,5 kW värmeöverföring:

$$A = \frac{6,5 \cdot 10^3}{\frac{20}{1000} \cdot 32,5 \cdot 10^3} = 10,0 \text{ m}^2$$

Ledningsdimensionen på sträckan A-B i figur 2.2 är \emptyset 225/160 med lutningen 5 ‰. Flödet dagtid var under mätperioden ca 0,8 l/s. Detta medförde att fyllnadshöjden i röret blev ca 25 mm och bredden på den värmeöverförande ytan 170 mm.

Erforderlig rörlängd för att överföra 6,5 kW med förutsättningar enligt figur 4.2 blir då:

$$L = \frac{10,0}{0,170} = 58 \text{ m}$$

Den uppmätta längden i försöksanläggningen var 45 m. Den teoretiska beräkningen avviker således något från de uppmätta värdena, vilket tyder på att α_{kw} eller den värmeöverförande ytan antar ett större värde. Den värmeöverförande ytan torde i praktiken bli större än vad som används i den teoretiska beräkningen, då rörväggen medverkar samt i viss mån även dämning av avloppsvatten ökar (på grund av föroreningar i avloppsledningen) den värmeöverförande ytan.

5 UTTAGBAR POTENTIAL FÖRSÖKSOMRÅDET

De praktiska försöken visade att 600 m³/h avloppsventilationsluft kunde fuktighetsmättas respektive temperaturhöjas från - 6°C till + 14°C i en 45 m lång avloppsvattenledning med dimensionen \varnothing 225 mm. Avloppsvattenflödet var i ovanstående fall 0,8 l/s och temperaturen på vattnet + 20°C.

Fördelas avloppsventilationsflödet på de sex lägenheterna, som berördes av försöket, innebär det att avloppsventilationsflödet var 100 m³/h. Undertrycket omedelbart bakom fläkten var vid detta flöde 250 Pa. Skall samtliga lägenheter inkopplas bör undertrycket sänkas till 100 Pa för att inga störningar skall uppstå på vattenlåsen. Det sistnämnda undertrycket motsvarar 70 m³/h och lägenhet. Om det sistnämnda frånluftsflödet kyls till + 3°C med hjälp av en värmepump, erhålls en värmeeffekt av 0,8 kW/lgh.

I försöksområdet har man i dag en frånluftsventilation av ca 0,8 omsättningar per timma. Detta medför att en lägenhet på 80 m² har en frånluftsventilation av ca 150 m³/h. Sänks antalet omsättningar till 0,5 omsättningar per timma, erhålls ett frånluftsflöde av 100 m³/h per lägenhet.

Med hjälp av ovanstående kan en energibalans genomföras för en lägenhet i försöksområdet. Följande beräkning erhålls då frånluften respektive avloppsventilationsluften kyls till + 3°C:

<u>Tillgänglig värmeeffekt</u>	
Frånluftsflöde 100 m ³ /h, + 21°C,	0,7 kW/lgh
Avloppsventilationsflöde 70 m ³ /h, + 14°C, RF 100 %	<u>0,5 "</u>
	1,2 kW/lgh
Värmeeffekt från vp vid värmefaktor 2,5	2,0 kW/lgh
Personvärme, hushålls-el (belysning, spis etc)	<u>0,7 "</u>
Total tillgänglig värmeeffekt/lgh	2,7 kW/lgh

Erforderlig värmeeffektVid $\pm 0^{\circ}\text{C}$ utomhustemperatur

Ventilations/transmissionsförluster* 1,5 kW/lgh

Allmänna utrymmen 0,4 "

Tappvarmvatten 0,3 "Erforderlig värmeeffekt vid $\pm 0^{\circ}\text{C}$ 2.2 kW/lghVid $- 10^{\circ}\text{C}$ utomhustemperatur
Erforderlig värmeeffekt 3,0 kW/lghVid $- 20^{\circ}\text{C}$ utomhustemperatur
Erforderlig värmeeffekt, LUT 3,7 kW/lgh

* Ventilation/transmissionsförluster = $75 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$, lgh baserat på oljeförbrukningen i försöksområdet.

Enligt ovanstående klarar den tillgängliga värmeeffekten behovet vid $- 8^{\circ}\text{C}$ utomhustemperatur, d v s 90-95 % av uppvärmningstiden. Effektbehovet vid LUT ($- 20^{\circ}\text{C}$) är 3,7 kW/lgh, alltså 1,0 kW utöver vad värmepumpen/hushålls-elen ger. Denna resterande effekt kan antingen täckas med el-energi, olja eller gasol.

Försöksområdets uppvärmningssystem bygger på en oljeeldad panncentral med tillhörande primärblocknät, undercentraler respektive sekundärblocknät. Ovanstående resonemang gör det möjligt att helt slopa den oljeeldade panncentralen samt primärblocknätet! Befintliga undercentraler respektive sekundärsystem skulle i detta fall kunna användas till värmepumpsystemet.

6 UTNYTTJNINGSBAR POTENTIAL, FLERBOSTADSBESTÅNDET

6.1 Allmänna förutsättningar

För att kunna utnyttja frånluft respektive avloppsventilationen som värmekälla för värmepumpar krävs att fastigheten har ett mekaniskt frånluftssystem (F-system).

Av totalt ca 2 milj lägenheter i flerbostadshus har i dag ca 900 000 lägenheter ett f-system.

Uppskattningsvis kommer ca 230 000 lägenheter, som i dag har självdragsventilation, att byggas om till F-system genom att ROT-programmet successivt genomförs under perioden 1984-1993. Denna ombyggnad innebär att potentialen för frånluft respektive avloppsventilation ökar med 20-25 000 lägenheter per år under perioden.

6.2 Effekt/energibehov, uppvärmning flerbostadshus

Tabell 6.1 visar den genomsnittliga energiförbrukningen per m² uppvärmd yta, fördelad efter färdigställandeår och ägarkategori. I tabellens värden ingår energi för uppvärmning av bostadslägenheter, gemensamhetsutrymmen, tappvarmvatten, förluster i kulvertledningar från energimätare till uppvärmningsställe samt pannförluster vid egen oljeeldad värmecentral.

Genomsnittlig energiförbrukning per m² uppvärmd yta (bostadslägenheter, lokaler och varmgarage) i flerbostadshus med egen värmecentral fördelad efter färdigställandeår och ägarkategori (liter olja/m², 1983).

Färdigställandeår	Ägarkategori						Samtliga
	Stat kommun landsting	Enskilda	Bostadsrättsföreningar	Därav riks-köoperativa	Allmännyttiga SABO	Allmännyttiga övriga	
- 1940	30,8	25,9	24,9	25,8	27,9	28,9	26,4
1941 - 1950	32,2	27,7	27,8	27,7	29,4	28,9	28,2
1951 - 1960	28,4	25,9	23,5	22,0	25,1	26,3	25,0
1961 - 1965	31,0	23,4	21,3	21,5	24,1	23,0	23,0
1966 - 1970	28,5	23,1	21,4	21,6	22,5	25,5	22,7
1971 - 1975	23,3*	21,1	22,3	20,0	22,1	22,4	22,1
1976 - 1982	23,8	19,0	21,1	21,4	21,8	19,8	21,1
Samtliga	30,2	25,6	23,2	22,6	23,9	24,2	24,5

* Siffran något osäker p g a lågt antal observationer i stickprovet.

Genomsnittlig energiförbrukning per m² uppvärmd yta (bostadslägenheter, lokaler och varmgarage) i flerbostadshus med fjärrvärme fördelad efter färdigställandeår och ägarkategori (kWh/m², 1983).

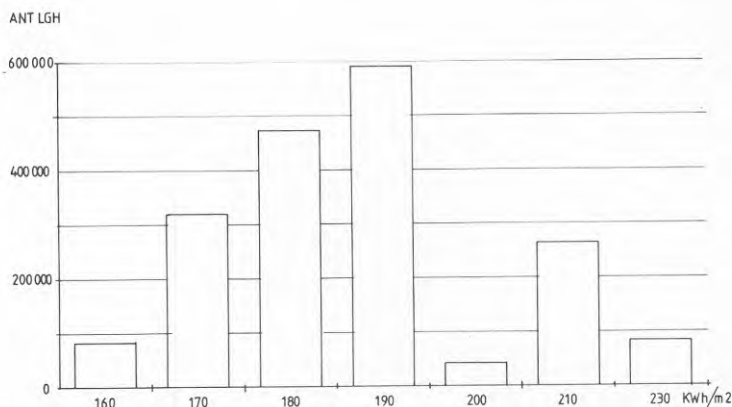
Färdigställandeår	Ägarkategori						Samtliga
	Stat kommun landsting	Enskilda	Bostadsrättsföreningar	Därav riks-köoperativa	Allmännyttiga SABO	Allmännyttiga övriga	
- 1940	252	188	194	202	193	237	192
1941 - 1950	216	200	224	223	231	253	216
1951 - 1960	177*	187	187	190	210	243	198
1961 - 1965	-	176	173	172	200	222	186
1966 - 1970	223*	171	172	171	206	223	192
1971 - 1975	-	154	176	178	197	216	189
1976 - 1982	154	131	149	150	172	195	159
Samtliga	215	181	183	180	201	222	191

* Siffran något osäker p g a lågt antal observationer i stickprovet.

Källa: SCB

Tabell 6.1. Genomsnittlig energiförbrukning i flerbostadshus, olja respektive fjärrvärme

Räknas energiförbrukningen vid hus med egen oljeeldad värmecentral om till behov i lägenhet, uttryckt i kWh/m², erhålls nettoenergiförbrukningen i Sverige för uppvärmning av flerbostadshus. I denna nettoförbrukning ingår uppvärmning av bostadslägenheter, tappvarmvatten, gemensamhetsutrymmen samt kulvertförluster från mätplats till uppvärmningsställe. Om denna energiförbrukning relateras till lägenhetsbeståndet erhålls fig 6.1. Statistiken bygger på uppgifter ur SCB E 1983:14.3.



Figur 6.1. Nettoenergiförbrukningen för uppvärmning av flerbostadshus i Sverige, SCB E 1983:14.3

Med hjälp av tabell 6.1 respektive fig 6.1 har flerbostadsbeståndet indelats i tre ur energiförbrukningssynpunkt representativa tidsperioder:

- o 40-tal före 1950
- o 60-tal 1951-1974
- o 80-tal 1975-

Nettoenergiförbrukningen i Sverige för flerbostadshus per lägenhet och lägenhetsyta för de ovanstående åldersklasserna visas i tabell 6.2.

Åldersklass	Nettoenergiförbrukning		ly m ²	Andel av bostads- beståndet %
	kWh/m ² , ly	kWh/lgh		
40-tal	200-230	12000-13800	60	20
60-tal	170-190	11900-13300	70	75
80-tal	130-160	10400-12800	80	5

Tabell 6.2. Nettoenergiförbrukning i Sverige för flerbostadshus per lägenhet och lägenhetsyta för åldersklasserna 40, 60 respektive 80-tal

Ur tabell 6.1, 6.2 respektive fig 6.1 kan man konstatera att den största andelen lägenheter (75 %) har en nettoenergiförbrukning motsvarande 170-190 kWh/m²,ly.

6.3 Värmeenergi från frånluftsventilation respektive avloppsledningarnas ventilationsluft, energibalansberäkning

6.3.1 Förutsättningar

Ur tabell 6.2 har två stycken åldersklasser, 40 respektive 80-talshus valts ut för en energibalansberäkning, där värmeenergi från frånluft respektive avloppsventilationsluft ingår.

De två beräknade fallen är intressanta, eftersom de beskriver spännvidden av energiförbrukningen i Sveriges lägenhetsbestånd.

Energibalanserna för de två åldersklasserna är utförda med datorprogrammet BRIS och med följande förutsättningar:

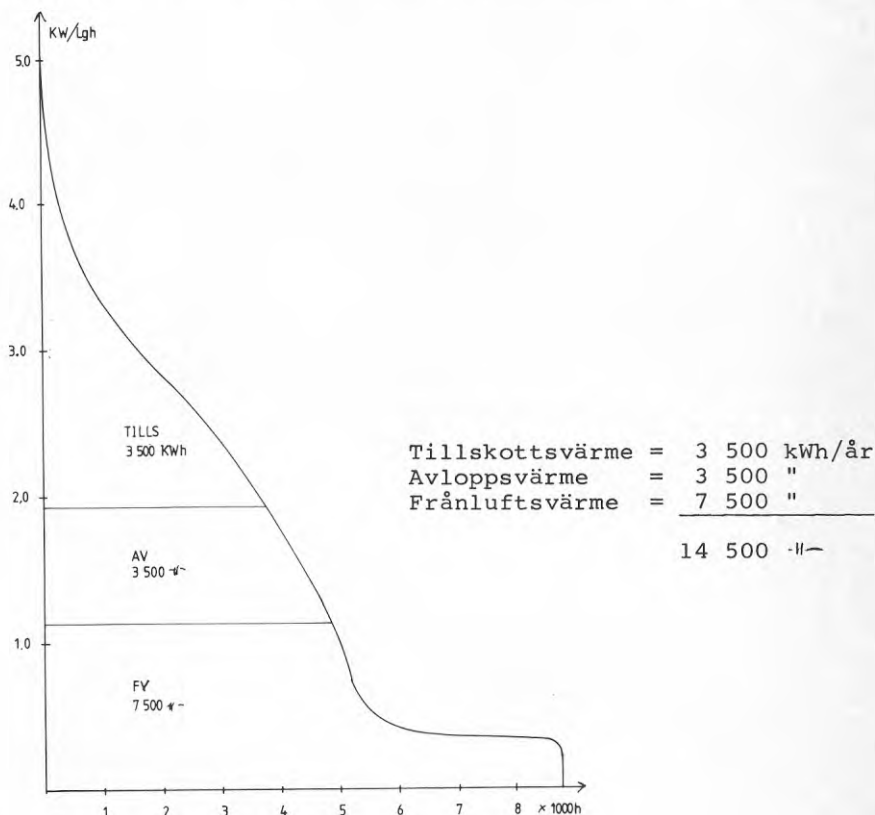
- o Temperaturstatistiken i BRIS-programmet gäller för att normalår (1971) i temperaturzon III enligt SBN (större delen av södra Sverige). Går man norr om denna zon, d v s temperaturzon II respektive I ökar energiförbrukningen med ca 5-10 %.
- o Energibalansberäkningarna är gjorda för en genomsnittlig typlägenhet i vardera åldersklassen 40 respektive 80-tal. I energibalansberäkningarna ingår uppvärmning av bostadslägenheter respektive tappvarmvatten. Uppvärmning av gemensamhetsutrymmen samt kulvert respektive pannförluster ingår ej i beräkningen. 40-talshuset representerar en snittlägenhet på 60 m² och för 80-talshuset gäller 80 m². Varmvattenförbrukningen är antagna till 3 000 kWh/år i lgh 1940 och 3 500 kWh/år i lgh 1975. Frånluftsmängderna respektive K-värdeskrav är antagna enligt Svensk Byggnorm.
- o Vid kylning av frånluften har två stycken kylfall studerats. I ett av fallen har frånluften kylts till + 3°C (t = 18°C) och i det andra fallet till - 5°C (t = 26°C). Det sistnämnda fallet innebär att frånluftsvärmepumpen kommer att periodvis arbeta med avfrostning. Avfrostningstiden är i beräkningen antagen till 15 % av drifttiden vid temperaturer understigande 0°C.

Vid kylning av frånluften till $+3^{\circ}\text{C}$ blir värmeeffekten från frånluftsvärmepumpen 1,1 kW/lgh och värmefaktorn 2,5. Vid kylning av frånluften till -5°C blir på motsvarande sätt värmeeffekten 1,7 kW/lgh och värmefaktorn 2,2.

Vid kylning av avloppsventilationsluften till $+3^{\circ}\text{C}$ kan man enligt de praktiska försöken erhålla en värmeeffekt av 0,8 kW/lgh.

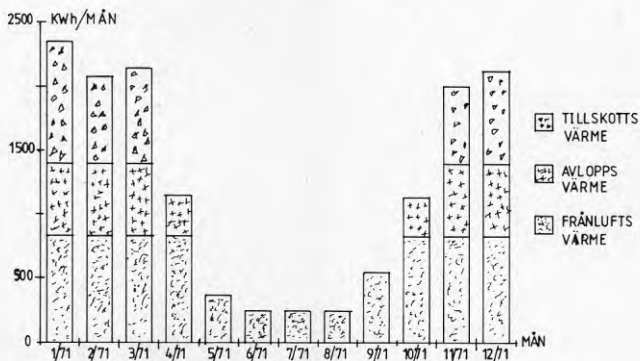
6.3.2 Energibalansberäkning 40-talslägenhet

Fig 6.2 visar ett varaktighetsdiagram för en genomsnittslägenhet byggd under 40-talet med förutsättningar enligt 6.3.1. Energibehovet för lägenheten är 14 500 kWh/år (240 kWh/m²,ly). I fig 6.2 har energin från avlopps- respektive frånluftsventilationsluften lagts in vid kylning ned till $+3^{\circ}\text{C}$, d v s $\Delta t = 18^{\circ}\text{C}$. Avlopps- respektive frånluftsventilationsluften täcker 25 % respektive 50 % av lägenhetens energibehov.



Figur 6.2. Varaktighetsdiagram 40-tals lgh, ly = 60 m², energi från avlopps- respektive frånluftsventilationsluft vid kylning ned till $+3^{\circ}\text{C}$, d v s $\Delta t = 18^{\circ}\text{C}$

I fig 6.3 visas på motsvarande sätt energiförbrukningen månadsvis för den betraktade lägenheten. Ur figuren kan man konstatera att inget tillskottsvärme krävs under april-oktober samt att man kan tillgodogöra sig värme ur avloppsventilationsluften under perioden oktober-april.



Figur 6.3. Energiförbrukningen/månad för lgh 1940, $l_y = 60 \text{ m}^2$, energi från avlopps- respektive frånluftsventilationsluft, kylning ned till $+3^\circ\text{C}$, d v s $\Delta t = 18^\circ\text{C}$

I fig 6.4 har frånluftsventilationsluften kylts till -5°C , d v s $\Delta t = 26^{\circ}\text{C}$. Vid detta kylfall täcker energin från avlopps- respektive frånluftsventilationsluften 20 % respektive 65 %, d v s 85 % av lägenhetens energibehov.

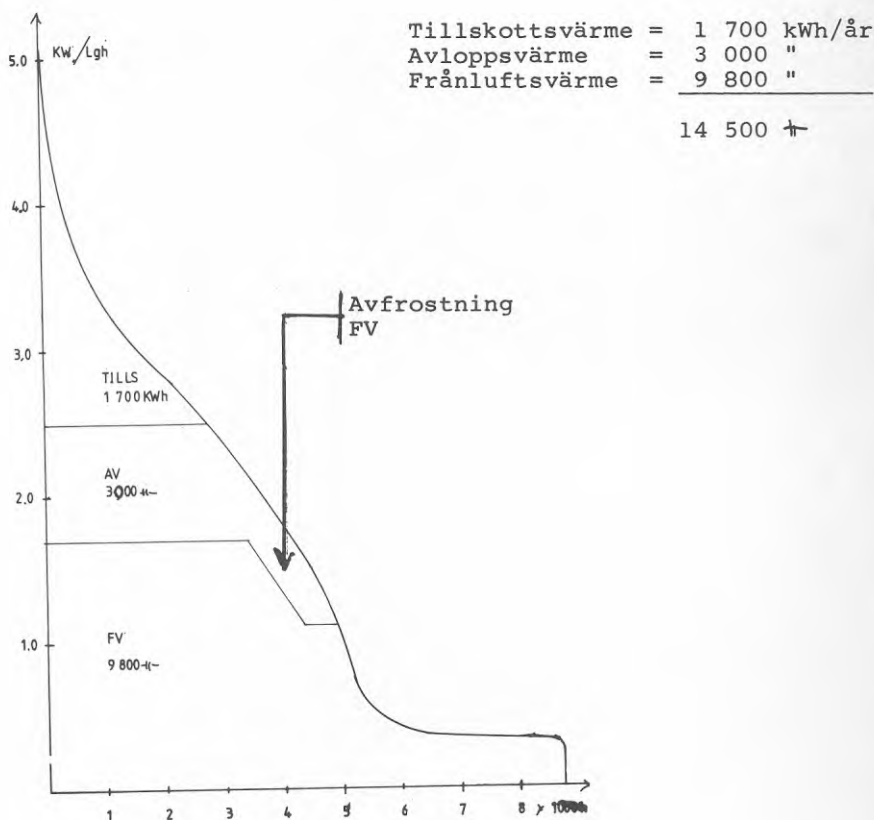


Fig 6.4. Varaktighetsdiagram, 40-tals lgh, ly = 60 m², energi från avlopps- respektive frånluftsventilationsluft vid kylning ned till -5°C , d v s $\Delta t = 26^{\circ}\text{C}$

6.3.3 Energibalansberäkning 80-talslägenhet

I fig 6.5 visas ett varaktighetsdiagram för en genomsnittslägenhet byggd under 80-talet med förutsättningar enligt 6.3.1. Energiförbehovet för lägenheten är 9 000 kWh/år (115 kWh/m²,ly). Vid kylning av avlopps- respektive frånluftsventilationsluften ned till + 3°C ($\Delta t = 18^\circ\text{C}$) erhålls energimängderna enligt fig 6.5. Avlopps- respektive frånluftsventilationsluften täcker 20 % respektive 70 %, d v s 90 % av energiförbehovet.

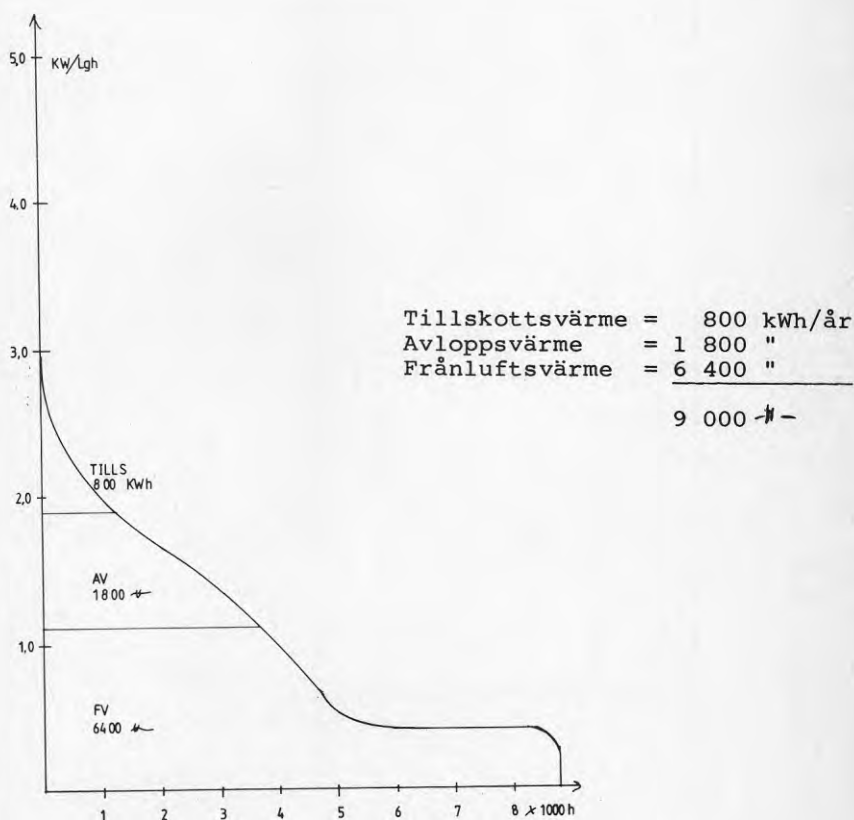


Fig 6.5. Varaktighetsdiagram, 80-tals lgh, ly = 80 m², energi från avlopps- respektive luftventilationsluft vid kylning ned till + 3°C, d v s $\Delta t = 18^\circ\text{C}$

Den betraktade lägenhetens energiförbrukning visas månadsvis i fig 6.6. Figuren visar att man ej behöver något tillskottsvärme under april-oktober samt att man kan tillgodogöra sig värme ur avloppsledningarnas ventilationsluft under perioden november-mars.

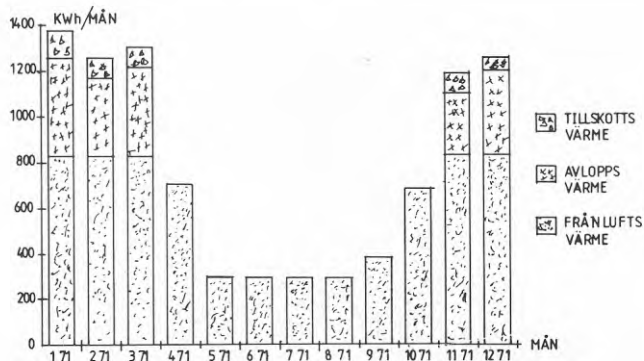


Fig 6.6. Energiförbrukningen/månad för lgh 1980, ly = 80 m², energi från avlopps- respektive frånlufts-ventilationsluft. Kylning ned till + 3°C, d v s $\Delta t = 18^\circ\text{C}$

Kyls frånluftsventilationsluften till -5°C , d v s $\Delta t = 26$ erhålls fig 6.7. Energin från avlopps- respektive frånluftsventilationsluften täcker vid dessa kylfall 15 % respektive 80 %, d v s 95 % av lägenhetens energibehov.

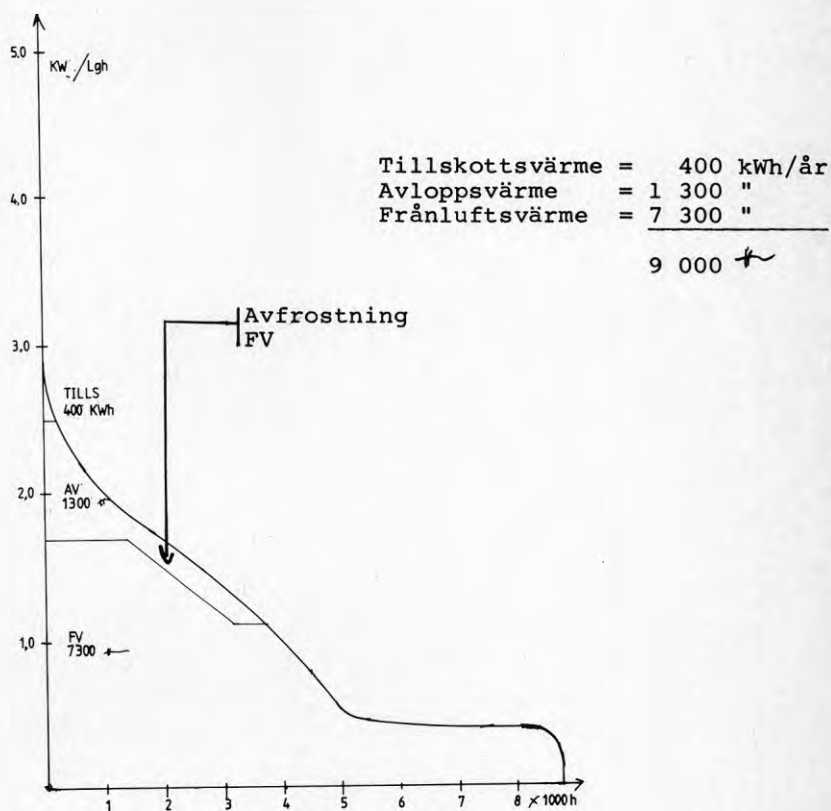


Fig 6.7. Varaktighetsdiagram, 80-tals lgh, ly = 80 m², energi från avlopps- respektive frånluftsventilationsluft, kylning ned till -5°C

Sammanställs beräkningsresultatet erhålls tabell 6.3

Ålders- klass	°C	VÄRMEENERGI/EFFEKT, LGH, ÅR										VP, ÅR, LGH						
		Energi Vp					Σ Energibehov					Effekt			Energiebehov			Värme- faktor 0
		m ²	Avlopps- vent	%	Frånlufts- vent	%	kWh/lgh	Tillskott %	kWh/lgh	Olja, el etc	kWh/m ² , ly	kWh/lgh	Tot	Vp	Avlopps- vent	Frånlufts- vent	Σ	
Kyl- fall																		
40-tal	18	60	3500	25	7500	50	3500	25	14500	240	240	5,0	1,9	1400	3000	4400	2,5	
	26	60	3000	20	9800	65	1700	15	14500	240	240	5,0	2,5	1200	4500	5700	2,2 2,5	
80-tal	18	80	1800	20	6400	70	800	10	9000	115	115	3,0	1,9	720	2600	3320	2,5	
	26	80	1300	15	7300	80	400	5	9000	115	115	3,0	2,5	520	3300	3820	2,2 2,5	

Tabell 6.3. Energi från avlopps- respektive frånlufts-
ventilationsluft 40- respektive 80-tals lägenheter,
kylfall $\Delta t = 18^{\circ}\text{C}$ respektive $\Delta t = 26^{\circ}\text{C}$

6.4 Analys av beräkningsresultatet

Studeras tab 6.3 kan följande konstateras:

- o I 40-tals lägenheterna ger avloppsventilationsluften ett bidrag med ca 3 500 kWh/lgh,år, då frånluften kyls till + 3°C, d v s $\Delta t = 18^\circ\text{C}$. Tillsammans med frånluften ger detta kylfall ca 75 % täckning av lägenhetens totala energibehov. Kyls frånluften till - 5°C, d v s $\Delta t = 26^\circ\text{C}$, blir bidraget från avloppsventilationsluften 3 000 kWh/lgh,år, vilket innebär 85 % energitäckning av lägenhetens totala energibehov.

Om man enbart använder sig av frånluftventilationsluften och jämför skillnaden mellan de två kylfallen erhålls en ökning av energibidraget med 2 300 kWh/lgh,år, då frånluften kyls till - 5°C. Man skall då observera att i dessa 2 300 kWh/lgh,år finns en ökning av el-behovet med 1 500 kWh/lgh,år. 50 respektive 65 % energitäckning erhålls för de två kylfallen.

Jämför man att använda avloppsventilationsluft samt frånluft kyld till + 3°C (75 % energitäckning) med att använda sig av enbart frånluft kyld till - 5°C (65 % energitäckning) erhåller man 1 300 kWh/lgh,år större energibidrag i det förstnämnda fallet.

- o I 80-tals lägenheterna ger avloppsventilationsluften ett bidrag med 1 800 kWh/lgh,år, då frånluften kyls till + 3°C, d v s $\Delta t = 18^\circ\text{C}$, vilket ger 90 % energitäckning av lägenhetens totala behov. Kyls frånluften till - 5°C, d v s $\Delta t = 26^\circ\text{C}$, blir bidraget från avloppsventilationsluften 1 300 kWh/lgh,år (95 % energitäckning).

Använder man sig enbart av frånluftventilationsluften och jämför skillnaden mellan de två kylfallen, erhålls en ökning av energibidraget med 900 kWh/lgh,år, då frånluften kyls till - 5°C. Även här skall man observera att i dessa 900 kWh/lgh,år finns en ökning av el-behovet med 700 kWh/lgh,år, 70 respektive 80 % energitäckning erhålls för de två kylfallen.

Görs en jämförelse med att använda avloppsventilationsluft samt frånluft kyld till + 3°C (90 % energitäckning) med att enbart använda sig av frånluft kyld till - 5°C (80 % energitäckning) erhålls 900 kWh/lgh,år större energibidrag i det förstnämnda fallet.

De två genomförda beräkningsexemplen (40-respektive 80-tals hus) har en hög respektive låg energiförbrukning. Det stora flertalet fastigheter enligt tab 6.2 är byggda under 70-talet (75 % av det totala lägenhetsbeståndet) med en energiförbrukning, som ligger någonstans mitt emellan de beräknade fallen. Det sistnämnda skulle innebära följande för flertalet av lägenhetsbeståndet:

- o Avloppsventilationsluftens bidrag vid kylning ned till + 3°C, d v s $\Delta t = 18^\circ\text{C}$ utgörs av 2 500-3 000 kWh/lgh,år, varav el 1 300 kWh/lgh,år. Sätts dessa siffror i relation till antalet lägenheter kan avloppsventilationsluften ge ett utnyttjningsbart bidrag med 3,5-4,5 TWh/år.
- o Att kyla frånluften till under 0°C ger ett marginellt tillskott i förhållande till den merinvestering, som krävs på värmepumpinstallationen. Ovanstående gäller speciellt 80-talshusen.
- o Jämför man att använda avloppsventilationsluft samt frånluft kyld till + 3°C med att använda sig av enbart frånluft kyld till - 5°C erhåller man 1 000-1 200 kWh/lgh,år större energibidrag i det förstnämnda fallet. Detta gäller både för 40-tals hus respektive 80-tals hus.

7 UTNYTTJINGSBAR POTENTIAL, SMÅHUS

För ett småhus bör det vara möjligt att öka avloppsventilationsluften till ca 150 m³/h per fastighet beroende på tillgång till längre ledningslängd/fastighet än vid flerfamiljsbostäder. Detta innebär att tillgänglig värmeeffekt utgör 1,5-2,0 kW/fastighet, vilket bör ge ca 10 000 kWh/år, fastighet.

Sätts dessa siffror i relation till villabeståndet kan avloppsventilationsluften ge totalt 10 TWh/år för småhusen.

Genom att det stora flertalet villor har ett betydligt större effektbehov än vad metoden kan ge, bör det ej heller vara några problem att få avsättning för energin. Av denna anledning har inte någon särskild energibalansräkning gjorts för småhusen.

8 POSITIVA/NEGATIVA KONSEKVENSER

8.1 Ökad ventilation av avloppsnätet

I avloppsvattnet finns riklig tillgång på organiskt material. Vidare finns normalt relativt hög halt av sulfat, som erhållits från råvattnet eller från föroreningar i avloppsvattnet.

Finns syre, nitrat eller andra oxiderande ämnen, sker nedbrytningen med syreförbrukande bakterier (aerob process).

Vid oxidation av organiskt material försöker bakterierna att utvinna så mycket energi som möjligt. Detta innebär att vid närvaro av syre, nitrat eller sulfat, så utnyttjar bakterierna i första hand syret tills detta tar slut, därefter nitrat, sedan sulfat. En förutsättning för svavelvätebildning från sulfat är således att varken syre eller nitrat finns närvarande. I praktiken kan detta inträffa i exempelvis långa tryckledningar, dåligt ventilerade självfallsledningar och i utjämningsmagasin.

De materiella skadorna av svavelväte kan bli betydande på grund av korrosion. Vid kontakt med luftens syre oxideras svavelväte till svaveloxider, vilka löses i fukt och bildar svavelsyrighet och svavelsyra. Dessa syror kan förorsaka korrosion på ledningar och brunnar, som består av oskyddad betong, gjutjärn eller stål. Korrosion sker endast ovanför vattenytan. I en självfallsledning sker den kraftigaste korrosionen i rörets tak. En kraftig korrosion sker även i de delar, som ligger mellan den högsta och lägsta vattennivån i ledningen. Någon korrosion sker inte på delar, som hela tiden täcks av avloppsvatten.

Då sulfid och svavelsyrabildning i ett avloppssystem medför stora arbetsmiljömässiga, tekniska och ekonomiska olägenheter, är det därför angeläget att vidta åtgärder mot sulfid- och svavelsyrabildning.

Ett sätt att hämma den mikrobiella produktionen av sulfid i avloppsledningsnätet, är att förbättra syrebalansen genom ventilation i självfallsledningar.

Med ventilation i självfallsledningar kan följande fördelar uppnås:

- o Ökning av syrenehållet i luften ovanför det strömmande vattnet.
- o Avlägsnande av svavelväte (H_2S) från ledningen innan det hinner oxideras till svavelsyra (H_2SO_4).
- o Torkning av exponerade ytor i ledningen, så att oxidation av svavelväte till svavelsyra förhindras.

Den beskrivna metoden för energiupptagning ur avloppsvatten med hjälp av avloppsventilationsluft innebär att luftomsättningarna i rörledningarna blir mycket effektiv, ca 7 omsättningar/min. Man kan därför med största sannolikhet anta att de beskrivna fördelarna erhålls.

Under den tid försöksanläggningen var i drift uppstod ej några problem med dålig luft, trots att 600 m³/h avloppsventilationsluft släpptes direkt ovan tak ca 5 m från underliggande balkonger. Ovanstående beror till stor del på den effektiva ventilationen av avloppsledningarna, vilket minskar uppkomsten av dålig lukt samt späder ut densamma.

Det går dock inte att bortse från att vad som är dålig lukt, uppfattas olika från person till person, och därför är det viktigt att kartlägga eventuella luktproblem och hur de skall hanteras innan tekniken byggs ut i full skala.

8.2 Undertryck i avloppsledningsnätet

Den provisoriska frånluftsfläkten var ansluten till 6 st lägenheter med följande ledningssystem:

- betong \emptyset 225, förlagd i gatan, längd 40 m
- servisledning \emptyset 160 från gata till husliv, längd 5 m
- 8 st stamledningar \emptyset 160 - \emptyset 110, vilka mynnar direkt ovan tak

Ovanstående dimensioner får anses vara mycket vanliga i det svenska avloppsledningsnätet.

Olika avloppsventilationsflöden testades i det beskrivna ledningssystemet och därmed även undertrycken. Vid 400, 600, 700 m³/h uppstod undertryck på 100, 250 respektive 350 Pa. Undertrycken mättes omedelbart på sugsidan av den provisoriska frånluftsfläkten. Samtliga undertryck testades under en längre tid och inte vid något tillfälle tömdes vattenlåsen i lägenheterna.

Vid användning av avloppsventilationsluft för uppvärmning i försöksområdet, kommer avloppsventilationsflödet ej att överstiga 70 m³/h och lägenhet. Detta innebär att undertrycket ej kommer att överstiga 100 Pa.

Enligt systematiska prov, som utförts i Studsvik, får undertrycket i avloppsledningen uppgå till > 300 Pa innan vissa vattenlås kan bli störda. Enligt Svensk Standard används 50 mm vattendjup (500 Pa) i vattenlåsen. Någon risk för utsugning (tömning) av vattenlåsen med < 100 Pa undertryck är därmed inte möjlig.

8.3 Frysrisk

I försöksanläggningen togs luft in i ledningssystemet med en temperatur av som lägst - 6°C. Vid denna temperatur förelåg ej någon risk för frysning på grund av avloppsvattnets respektive omgivande marks stora värmeinnehåll i förhållande till den del, som togs ut. Det sistnämnda förhållandet föreligger även vid betydligt lägre uteluftstemperatur.

Det kan dock finnas tillfällen då risk föreligger för frysning i ledningssystemet genom att avloppssystemet har ett för lågt energiinnehåll i förhållande till den energi, som är tänkt att tas ut. Det sistnämnda kan bero för låga avloppsvattenflöden/temperaturer, men även på att ledningssystemet är grundlagt på för litet djup.

Huruvida det finns risk för frysning eller ej kan konstateras genom den undersökning, som bör föregås innan projektering respektive byggande sker.

9 KOSTNADER FÖRSÖKSOMRÅDET

Ett värmepumpsystem baserat på frånluft samt avloppsventilationsluft kan i försöksområdet byggas enligt följande:

- o Kylbatterier placeras vid de befintliga frånluftsfläktarna ovan tak och avloppsventilationsluften dras samman fram till sugsidan på frånluftsfläkten. Installationen är enkel att utföra genom att stort, plant utrymme finns att tillgå ("plana tak").

Ovanstående kylbatterier kopplas samman genom en brineledning. Denna brineledning leds till en befintlig undercentral, där värmepumpen placeras. Vid platsbrist kan eventuellt värmepumparna placeras i container. I denna undercentral placeras även någon form av reservvärme, EOl, gasol eller el. Från undercentralerna matas värmen fram till fastigheterna i befintlig kulvert. Ledningsdragningen av brineledningen blir enkel att utföra, då man till stora delar förlägger ledningsdragningen på hustaken. Från fastighet till undercentral är avståndet mycket kort och till största delen kan brineledningen förläggas i parkmark.

För att kunna få ned luft i ledningsnätet placeras luftintag ut på ledningsnätet. I försöksanläggningen användes uppslitsade brunnslock, men man kan även använda sig av fristående luftintag, som ansluts till befintliga brunnar.

Investeringskostnaden för en värmepump i försöksområdet, baserad på frånluft kyld till $+3^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 18^{\circ}\text{C}$, uppgår till 8 000-10 000* kr/lgh. För denna investering erhåller man värmeenergi av i storleksordningen 7 000 kWh/lgh,år.

Merinvesteringen för att ta till vara avloppsventilationsluften utgör ca 2 000 kr/lgh, För denna investering erhåller man 3 000 kWh/lgh,år.

(* Samtliga priser i 1985 års kostnadsläge)

10 SLUTSATS

Försöksanläggningen har visat att det är möjligt att erhålla ett effektuttag på 0,8 kW/lgh enligt beskrivna metod respektive förutsättningar.

Avloppsventilationen tillsammans med frånluften skulle med hjälp av en värmepump i försöksområdet kunna täcka ca 80-90 % av en lägenhets totala energibehov. Liknande resultat bör kunna förväntas i ett stort antal bostadsområden.

Om endast 10 % av det svenska avloppsledningsnätets längd utnyttjades, skulle detta innebära en energibesparing med ca 2,5 TWh/år.

En temperaturstudie visar att avloppsvattnets temperatur utan värmeuttag normalt sjunker ca 10°C på sin väg ned till reningsverket. Den största temperatursänkningen (ca 5°C) sker i stort sett i anslutning till fastigheterna. Skall denna energimängd kunna utnyttjas och inte förloras till omgivande mark, måste energiuttaget ske i omedelbar anslutning till fastigheten.

Med den beskrivna metoden kan det sistnämnda åstadkommas på ett mycket enkelt sätt, samtidigt som även energiinnehållet i frånluften kan utnyttjas. Man kan även påräkna en rad positiva effekter på avloppsledningsnätet i form av mindre korrosion etc.

Slutsatsen av ovanstående bör bli att man snarast bör starta planering och projektering för en fullskaleanläggning.

11 REFERENSER

- 1 Avloppsvärme
Rapport till NE
K-Konsult 1980
- 2 Avloppsenergi
Studie av att tillvarata avloppsvattnets
energiinnehåll
NE 198:16
- 3 Kommunala Va-ledningar
En analys av dagens situation och FoU-behov
Hans Bäckman m fl
BFR 64:1982
- 4 Praktiska erfarenheter av svavelvätebekämpning
i kommunala avloppsledningsnät
VAV-projekt nr 12

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831529-7
från Statens råd för byggnadsforskning till K-Konsult,
Stockholm.

R22: 1986

ISBN 91-540-4542-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706022

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 25 kr exkl moms