

Vindberoende konvektorer för värmepumpsystem i befintliga hus

Lars Jacobson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>ser</i>

*K
mk*

R82:1982

VINDBEROENDE KONVEKTORER FÖR
VÄRMEPUMPSYSTEM I BEFINTLIGA HUS

Lars Jacobson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770610-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till avdelningen för Husbyggnad, Chalmers tekniska
högskola, Göteborg.

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

R82:1982

ISBN 91-540-3743-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

		sid
0	SAMMANFATTNING	5
1	BAKGRUND OCH SYFTE	7
1.1	Allmänt	7
1.2	Jordvärmegruppens arbete	7
2	AKTUELL BEBYGGELSE	11
3	VINDKONVEKTORER TEKNISK FUNKTION OCH UTFORMNING	13
3.1	Allmänt	13
3.2	Placering ur klimat- och vindsynpunkt	15
3.2.1	Vindhastighetens förändring i landskapet	16
3.2.2	Luftens strömning kring ett hus	18
3.3	Placering av konvektorer. Praktiska förutsättningar.	21
4	STORLEK OCH DIMENSIONERING, TILLÄMPNINGSEXEMPEL	25
4.1	Jordvärmepumpsystem i flerbostadshus	25
4.2	Luftvärmepumpsystem i flerbostadshus	25
4.3	Jordvärmesystem i villa	29
4.4	Luftvärmepumpsystem i villa	29
5	DISKUSSION	31
5.1	Experimentbyggande i fullskala	31
5.2	Materialval	32
5.3	Arkitektoniska konsekvenser	32
	LITTERATURFÖRTECKNING	35
	PUBLIKATIONER FRÅN JORDVÄRMEGRUPPEN	38

0 SAMMANFATTNING

I denna rapport ges en allmän beskrivning av vindberoende konvektorer för användning i djupjord- och luftvärmepumpsystem för byggnadsuppvärmning. I rapporten diskuteras vilken bebyggelse som kan bli aktuell för vindberoende konvektorer. Med utgångspunkt från en översikt av de osäkra kunskaperna om konvektorernas egenskaper under inverkan av naturlig vind kring hus görs bedömningar och kalkyler för storleksbestämning i samband med experimentbyggande. Kalkylerna antyder att vindberoende konvektorer ur teknisk och ekonomisk synpunkt är klart intressanta och att de genom sin måttliga storlek medför relativt små arkitektoniska konsekvenser. De bedöms därför kunna integreras även i känsliga miljöer.

1 BAKGRUND OCH SYFTE

1.1 Allmänt

Denna studie skall ses mot bakgrund av behovet att spara energi och minska kostnaderna för byggnadsuppvärmning i Sverige.

Detta behov uttrycks som kvantitativa mål bl a i det av riksdagen 1978 fastställda programmet för energibesparing i bebyggelsen (prop 1977/78:76). Som underlag för bedömning av dessa måls rimlighet finns undersökningar av tekniska förutsättningar i bebyggelsen samt möjliga metoder och medel för att förbättra energihushållningen i ny och befintlig bebyggelse. Bebyggelsens egenskaper ur energisynpunkt har genom besiktningar undersökts av bl a SIB och SCB (se t ex SIB M78:1). Statens Planverk har bl a i sin rapport 41 uppskattat möjlig energibesparing och kostnader härför med olika metoder och vid olika ambitionsnivåer. De ökade oljekostnaderna har också aktualiserat undersökningar av hur oljeförbrukningen kan minskas genom ökad användning av solenergi och andra lokala energikällor och bränslen (se bl a Oljeersättningsdelegationen:Ds I 1980:10). Stora forskningsinsatser görs i Sverige för att utveckla ny teknik för byggnadsuppvärmning och för att följa upp besparingseffekten av vidtagna hushållningsåtgärder.

Sammanfattningsvis kan man finna en strävan att minska oljebehovet, att minska energibehovet, att minska värmeproduktionsförlusterna, att minska värmekonsumtionsförlusterna, utnyttja spillvärme samt att öka användningen av lokala energikällor och inhemska bränslen. Detta framgår bl a av det program för energihushållning i befintlig bebyggelse som energihushållningsdelegationen framlagt 1980 (SOU 1980:43)

Med hjälp av värmepumpar kan man minska oljeberoendet och effektivare utnyttja inhemska bränslen, främst el och lokala energikällor som t ex jordvärme eller uteluftvärme för uppvärmning av befintliga hus.

Uteluftvärme kan samlas in med mycket kompakta fläktbatterier. Vid långa drifttider blir fläktmotorenergien emellertid stor. Man kan då istället överväga möjligheten att låta den naturliga vinden driva luften genom batterier med annan utformning och placering än vad som är vanligt med fläktbatterier. Erfarenheterna från sådana applikationer är hittills få och tekniken är utvecklade.

Denna studie redovisar bedömningar och överslagsberäkningar baserade på dagens kunskaper. Studien syftar till att göra denna kunskap praktiskt användbar vid dimensionering av vindberoende konvektorer bl a med hänsyn till vindförhållandena i bebyggelsen. Den syftar även

till att ge ett underlag för den tekniska och arkitektoniska behandlingen av vindberoende konvektorer som är nödvändig när de skall integreras i befintlig bebyggelse.

1.2 Jordvärmegruppens arbete

Här skall nämnas något om den forskning som med stöd av BFR bedrivs inom jordvärmegruppen vid CTH. Gruppen bildades 1977 av institutionerna för Geologi, Värmeteknik och maskinlära, Husbyggnad samt Installations-teknik vid CTH med uppgift att utforska möjligheterna att använda jorden som värmekälla för värmepumpar vid uppvärmning i befintlig och ny bebyggelse.

En del av arbetet har inriktats på studier av användningsmöjligheterna för olika jordvärmesystem i svenska tätorter. (R149:1980). Tätorterna karaktäriseras allmänt av ett så intensivt markutnyttjande att jordvärmesystem oftast är uteslutna, (R94:1978, CTH-A-HB Vapenverkan i bebyggelse). Genom att använda även djupare jordlager, kanske ända ned till 100 meters djup, finns dock möjlighet att avsevärt reducera behovet av åtkomlig markyta för att utvinna tillräckliga värmemängder för helårsuppvärmning av hus i tätort.

För att inte djupt liggande jordlager skall kylas i oacceptabel utsträckning måste då värme återföras till jorden, t ex sommartid. Denna kan fås från solfångare av olika slag eller hämtas ur uteluften t ex med hjälp av luftbatteri eller vindberoende konvektorer.

Jordvärmegruppen har ansett det viktigt att snabbt få fram realiserbara system som skall kunna minska oljeförbrukningen i befintliga hus utan att öka uppvärmningskostnaderna. Jordvärmesystemens investeringskostnader måste därför hållas låga i förhållande till den oljebesparing som görs. Det betyder också att man i stor utsträckning är tvingad att hålla sig till "känd teknik". Tekniken får, för att kunna accepteras, inte heller påverka miljön för mycket.

Valet av temperatur i djupjordvärmelagret, nämligen ett måttligt temperatursving kring markens normala temperatur betingas av att lagerförlusterna då blir oberoende av lagrets storlek. Detta val möjliggörs genom att man använder värmepump för att producera förbrukningsvärmén. Eftersom temperaturen i lagret är låg kan man använda uteluften som värmekälla för laddning av lagret.

Den specifika anläggningskostnaden (kr/kW) för värmepumpar minskar med ökad värmeeffekt men toppoeffektbehovstiden är kort och räntabiliteten för jordvärmesystemet blir därför bättre om redan befintlig oljepanna

kan användas för att klara toppeffektbehovet för större anläggningar. Kalkyler inom gruppen visar att det för flerbostadshus kan vara lämpligt att dimensionera större jordvärmesystem för omkring halva toppeffektbehovet. (R53:1980). En stor del av årsvärmebehovet hämtas då från jordlagret. När detta sedan skall laddas behövs det lång "laddningstid" om man använder låg laddningstemperatur. Renodlade solfångare kan användas för laddning men synes alltför "kvalificerade" både ur kostnads- och temperatursynpunkt för djupjordvärmesystem. (R149:1980). Fläktenergin till traditionella fläktbatterier blir stor varför vindberoende konvektorer utan fläktar eller enkla solväxlare kan vara att föredra. Dessa kan också användas för att leverera värme direkt till värmepumpar, varvid lagrets storlek kan minskas något.

I den ekonomiska optimeringen av systemen som gruppen arbetar med ingår också utformning av lämpliga driftstrategier. Värmepumpens "verkningsgrad" (COP) förbättras vid liten temperaturskillnad mellan upptagen och avgiven värme. Naturligt är då att hämta värme till värmepumpen från konvektorerna när lufttemperaturen är högre än jordtemperaturen, t ex sommartid. Systemen kommer då delvis att fungera som luftvärmepumpsystem. Renodlade luftvärmepumpsystem bedöms av Oljeersättningsdelegationen vara nära ekonomisk konkurrenskraft i större värmecentraler och bedöms tekniskt sett vara användbara i ett mycket stort antal småhus. (OED anger 800 - 900 000.).

Erfarenheterna från renodlade luftvärmepumpsystem visar att de fungerar bra under den varmare årstiden men mindre bra under den kallare bl a beroende på att mycket energi åtgår för avfrostning av fläktbatteriet.

Solväxlare för laddning av jordvärmelager kan användas i ny bebyggelse och sådan där befintliga taktäckningsmaterial behöver bytas ut men eftersom lämpliga ytor för placering av solväxlare i tillräcklig omfattning ofta saknas i stadsbebyggelsen både ur teknisk (R86:1977, CTH-A-HB Vapenverkan i bebyggelse) och kulturhistorisk synpunkt bedömer Jordvärmegruppen vindberoende konvektorer som mest intressanta för närmare studium.

2 AKTUELL BEBYGGELSE

En viktig synpunkt när det gäller frågan om vindberoende konvektorer är tänkbara i bebyggelsen är de arkitektoniska konsekvenserna. Därför förs här ett resonemang om vilka hustyper som med hänsyn till olika aspekter kan bli aktuella för uppvärmningssystem där vindberoende konvektorer kan ingå. Detta resonemang utgår från de tidigare nämnda målen om energihushållning i bebyggelsen, från kunskaper om den befintliga bebyggelsens tekniska utformning samt arkitektoniska bedömningar.

Huvuddelen av Sveriges bebyggelse ligger inom tätorter och är byggd efter 1945. Närmare 90% av volymen är försedd med vattenburna uppvärmningssystem, huvudsakligen radiatorsystem, och närmare 25% av byggnadsvolymen beräknas omkring 1985 vara ansluten till fjärrvärmesystem eller större panncentraler. Omkring 400 000 lägenheter är eluppvärmda, främst nyare småhus där direktverkande elradiatorer är vanliga. I övrigt värms husen av mindre panncentraler eller av oljepanna i huset (ca 65%).

Under det pågående energihushållningsprogrammet beräknas omkring en fjärdedel av all bebyggelse ha förbättrats ur isoleringssynpunkt. Detta har hittills resulterat i en minskad energiförbrukning med 10-20% i den åtgärdade bebyggelsen. Kostnaden härför har uppskattats till 7 öre per sparad kWh/år i genomsnitt. (SOU 1980:43).

Det är troligt att besparingsåtgärderna främst genomförts där de är enklast att göra. För en stor del av ännu ej åtgärdad bebyggelse torde därför kostnaderna bli högre än hittills för att nå motsvarande spar-effekt. Olika värmepumpsystem kan då komma att bli konkurrenskraftiga.

Riksantikvarieämbetet och SIB har gjort bedömningen att 1/5 av bebyggelsen har sådana kulturhistoriska värden att husens yttre inte bör förändras i nämnvärd utsträckning. (SIB M79:9, SOU 1980:43). Denna bedömning kan medföra att motsvarande ökning i sparandet måste genomföras i andra delar av bebyggelsen om inte ekonomiska alternativ för kulturhistoriskt värdefull bebyggelse kan utvecklas. Djupjordvärmesystem med vindberoende konvektorer för laddning eller renodlade luftvärmepumpsystem kan tänkas bli sådana alternativ eftersom de, jämfört med isoleringsåtgärder endast i liten utsträckning påverkar husens yttre.

Tätortsbebyggelsen innehåller en hel del flerbostadshus från slutet av 1930-talet och fram emot slutet på 1950-talet, vilka har fasader av puts eller tegel i gott skick. Dessa hus är ofta av god arkitektonisk kvalitet och svåra att tilläggsisolera med god ekonomi. Om de geologiska förutsättningarna finns kan jordvärmesystem med vindberoende konvektorer komma till användning, särskilt om husen idag uppvärms med oljeeldad panna.

Jordvärmegruppen har i en undersökning (R88:1980) uppskattat att av flerbostadshusen i Mellansverige skulle ca 130 000 lägenheter teoretiskt sett kunna försörjas med värme från djupjordvärmesystem i lera. Vid praktiskt genomförande minskar troligen potentialen för lerjordsystemen men å andra sidan tillkommer användning av djupjordvärmesystem i andra jordarter och berg.

Vindberoende konvektorer kan också komma till användning i de småhus som bedöms kunna använda luftvärmepumpar eller små djupjordvärmesystem med t ex borrar bergbrunn. Oljeersättningsdelegationen anger i en rapport (OED Ds I 1980:10), att 55-65% av det totala beståndet småhus skulle kunna utrustas med luftvärmepumpar. Det stora behovet av tillsatsvärme begränsar dock sannolikt attraktiviteten ur vissa synpunkter. Om el används för tillsatsvärme i luftvärmepumpförsedda småhus som ersättning för olja blir belastningen på elnätet ogynnsam och fordrar väl utbyggda elproduktionsanläggningar för spetslast. Detta talar för att luftvärmepumpsystemen för småhus främst borde användas när man redan har oljepanna. Därför synes den äldre småhusbebyggelsen med stora värmebehov vara mest aktuell för luftvärmepump eftersom den oftast är oljevärmd. I elvärmda småhus kan små, billiga luftvärmepumpar dock kunna komma till användning som komplement till ordinarie uppvärmningssystem vår och höst.

Små djupjordvärmesystem kan komma till användning i en del av tätortens oljevärmda småhusbebyggelse, företrädesvis den nyare, där toppeffektbehovet är så litet att tillsatsvärme inte behövs men där årsenergibehovet är så stort att vanliga ytjordvärmesystem inte får plats på tomten.

I vilken grad vindberoende konvektorer i djupjord- och luftvärmepumpsystem kan komma till användning är avhängigt systemens ekonomi. För att kunna konkurrera med befintliga uppvärmningssystem ur ekonomisk synpunkt måste investeringskostnaderna för värmepumpsystemen hållas nere. Detta krav är mindre uttalat när räntekostnaderna kan balanseras mot marginalskatteeffekter. Små enhetsanläggningar som helt kan ersätta befintlig oljepanna i privatägda småhus kan därför relativt sett tillåtas kosta mer i investering än större värmepump-anläggningar för flerbostadshus. Kraven på låga driftskostnader är dock stora i båda fallen.

Introduktionen av vindberoende konvektorer kan sammanfattningsvis därför främst tänkas beröra den tätare, halvmoderna småhusbebyggelsen, den nyare tätortsbelägna småhusbebyggelsen, halvgamla flerbostadshus samt värmepumpkompletterade värmecentraler för nyare flerbostadshus.

3 VINDKONVEKTORER TEKNISK FUNKTION OCH UTFORMNING

3.1 Allmänt

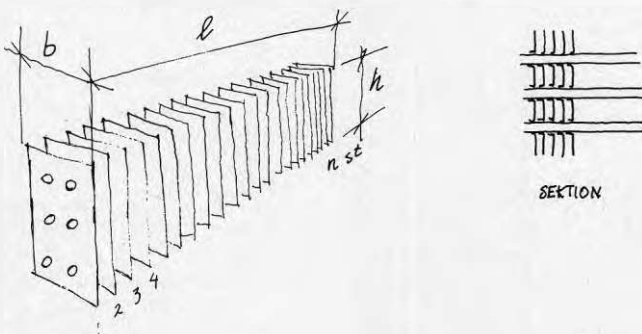
För att kunna bedöma den inverkan vindberoende konvektorer har på husens yttre arkitektur behöver man känna till hur de kan se ut, var de kan tänkas placeras och hur stora de blir.

Eftersom tillämpningsområdet är nytt saknas för ändamålet producerade enheter liksom vedertagna och prövade dimensioneringsregler. Med enkla grundkunskaper om konvektorers funktion och utformning samt vindens rörelser kring husen kan man dock med hjälp av rimliga antaganden och kalkyler dimensionera vindberoende konvektorer för jord- och luftvärmepumpsystem tillräckligt noggrant för att möjliggöra en uppskattning av de arkitektoniska effekterna.

Till skillnad från solfångare och solväxlare är vindberoende konvektorer nästan helt oberoende av direkt solstrålning. Så gott som all upptagen värme kommer från uteluften genom konvektiv värmeöverföring.

I princip kan en sådan konvektor bestå av ett rör som utvändigt är försett med flänsar för att få större kontaktyta med luften. Luften tvingas förbi och emellan flänsarna av den naturliga vinden i stället för med hjälp av eldriven fläkt.

I röret cirkuleras vätska (köldbärare) som tar upp värme för vidare befordran till djupjordvärmesystemet eller en värmepumps förångare. Den effekt som kan överföras från luften till vätskan beror på flera faktorer, bl a konvektorns storlek, material och utformning, temperaturskillnaden mellan luften och vätskan och den förbipasserande luftens hastighet och i viss mån riktning. Benämningen vindberoende konvektor syftar på vindhastighetens stora inverkan på konvektors värmeupptagning.



$$A = b \times h \times 2 \times n = \text{FLÄNSAREA}$$

$$\text{FRONT AREA} = L \times h$$

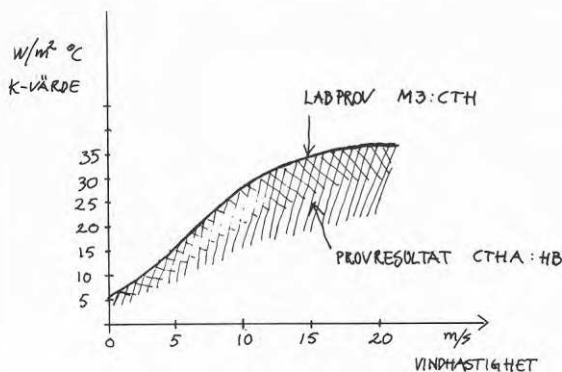
Den specifika effektöverföringsförmågan mellan luft och köldbärare är främst beroende av värmeöverföringen mellan luften och flänsarna. Den kan för en given konvektor approximativt uttryckas som ett k-värde som ökar med kvadratroten ur vindhastigheten. Detta k-värde är sammansatt av det inre övergångsmotståndet mot rörväggen, värmeledningstalet i rör och flänsar samt det yttre värmeövergångsmotståndet. Förhållandet mellan de vätske- och luftberörda ytorna har också betydelse. Med kännedom om k-värdet samt aktuell lufttemperatur och vindhastighet kan man beräkna hur stor konvektorn behöver vara för att man skall kunna samla in erforderlig värmemängd till jordvärmesystemet om dess termiska egenskaper är kända.

Några praktiska försök att bestämma k-värdet för enkla konvektorer i naturliga vindfält kring hus har gjorts bl a vid CTH (Jacobson & Starke:CTH-A-HB 1979:7).

Försök i vindtunnel har också gjorts med samma konvektorer (Ahlfors, Boman et al: Värmebatterier för värmepump. Projektarbete M3 CTH 1981).

Försöken avsåg enkla flänsade rör med ca 1 m^2 flänsyta per meter rör.

I fig 2 sammanfattas försöksresultaten.



Figur 2. Exempel på uppmätta k-värden vid olika vindhastigheter.

Resultaten tyder på att k-värden mellan ca $5 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ och $20\text{--}25 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ beroende på vindhastighet kan erhållas vid praktisk tillämpning. Om man antar att $10\text{--}15 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ kan uppnås som genomsnitt borde man kunna nyttiggöra omkring 250 kWh/m^2 flänsyta och år vid användning i djupjordvärmesystem där medeltemperaturen pendlar kring jordens årsmedeltemperatur. Med de material och den konstruktiva uppbyggnad som t ex vanliga kylhuskonvektorer har idag skulle konvektorer därmed ut kostnadsynpunkt kunna utgöra ett ekonomiskt alternativ till solväxlare, åtminstone i vindutsatta områden.

Andra konstruktioner finns också. (Se t ex RWE Informiert).

Flänsarna kan löpa utmed röret i stället för att vara uppträdna på detta. Konstruktionen ger en större andel rör i förhållande till flänsytan men möjliggör en ur korrosionssynpunkt gynnsam utformning.

Flänsarna kan också utgöras av trådar eller taggar som är i kontakt med röret. Dessa konstruktioner förefaller dock kunna binda större mängder skräp eftersom de fungerar som ett filter i luften. De är också dyrare i förhållande till flänsytan än konventionella konstruktioner.

3.2 Placering ur vind- och klimatsynpunkt

Eftersom k-värdet ökar med vindhastigheten bör vindberoende konvektorer placeras där det blåser som mest.

Att exakt förutsäga vilken placering på ett hus som är mest lämplig ur vindsynpunkt är omöjligt eftersom man inte utan ingående studier kan bestämma de vindhastigheter som kommer att uppträda runt huset.

Den byggnadsaerodynamiska erfarenhet som idag finns är framtagen främst för att ge möjlighet att med tillräcklig säkerhet dimensionera huset och dess delar ur vindsynpunkt. Man har alltså främst varit intresserad av de tryck- och sugkrafter vinden ger på husen vid mycket höga hastigheter. För att underlätta sådana studier har man med vindtunnelförsök fått fram laboratoriemetoder som visar god överensstämmelse med verkligheten om vissa villkor uppfylls. Att i vindtunnel simulera verkliga förhållanden vid lägre vindhastigheter under hänsynstagande till naturlig turbulens, temperaturfördelning etc är svårt.

Metodernas villkor för likformighet mellan modell och verklighet uppfylls dåligt men resultat från traditionella vindtunnelförsök kan ändå vara vägledande vid dimensionering av vindberoende konvektorer.

3.2.1 Vindhastighetens förändring i landskapet

Den naturliga vindens hastighet på hög höjd över marken bestäms av tryckfördelningen i atmosfären. Vindens hastighet avtar närmare marken på grund av friktionsfenomen som beror av markens skrovlighet. Hastigheten nära markytan avtar också ju längre inåt land från kusten man kommer (R31:1975). Skrovligheten ökar vindens turbulens i gränsskiktet mellan ostörd vind och markytan. Vinden nära marken blir därigenom ojämnare både till riktning och hastighet. Medelvindhastigheten på olika nivåer över olika terrängtyper kan erfarenhetsmässigt approximeras till hastigheten V på höjden z inom gränsskiktet enligt sambandet (Handa K: Evaluation of gust factors. CTH-Byggnadskonstruktion publ 1975:3)

$$V = V_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^x \quad \text{där } V_0 \text{ är vind-}$$

hastigheten på någon referensnivå z_0 och x är en exponent som varierar beroende på markytans skrovlighet. Några exempel på x kan vara

$x = 0,1$	öppen slät terräng t ex kust	gränsskiktstjocklek 250 m hinderhöjd 5 m
$x = 0,15-0,16$	öppen slät terräng med små spridda hinder (ref terräng för vindmätning vid klimatstation)	gränsskiktstjocklek 300 m hinderhöjd 10 m
$x = 0,22-0,26$	Kuperad skogster- räng förortsbebyggelse	gränsskiktstjocklek 350 m hinderhöjd 15 m
$x = 0,3 -0,4$	Storstadscentra	gränsskiktstjocklek 400 m hinderhöjd 20 m.

Om vindhastigheten på någon nivå, t ex 10 meter över marken vid t ex en klimatstation är känd kan man med ovanstående samband dels ta reda på vindhastigheten på olika nivåer över klimatstationen, dels räkna ut vindhastigheten på olika nivåer i en annan terrängtyp vid samma gradientvindhastighet. (Gradientvinden är den vind som finns på hög höjd över markytan och som bestäms av den storskaliga lufttrycksfördelningen.)

Man räknar sig då upp till den gradientvind som finns över den meteorologiska stationen. Gradientvinden är densamma över t ex en närbelägen förortsbebyggelse och med exponenten $x = 0,22-0,26$ räknar man sig ned till önskad höjd i förortsbebyggelsen. På sådana beräkningar är översättningsdiagrammet i fig 3 konstruerat.



Figur 3. Vindhastighetsprofil för olika terrängtyper. (ur Handa K: A simple method of estimating the response of building structures to random loads. Publ 1974:8 Byggnadskonstruktion.)

Denna "översättning" av vindvärden från t ex en närliggande klimatstation till en annan plats förutsätter att ett nytt gränsskikt har hunnit utbildas helt vilket det gör först efter det att vinden blåst en eller flera kilometer in över den nya terrängtypen. Därför måste man också beakta hur den plats man är intresserad av att studera ligger i landskapet i förhållande till vindriktningen. Detta är särskilt viktigt om studieobjektet ligger i randen av en bebyggelsemassa. Större höjder eller dalgångar kan också styra vinden på något karakteristiskt sätt. Valen av exponenten x och höjden z för att bedöma vindhastigheten på en viss plats kan därför bli olika för olika vindriktningar.

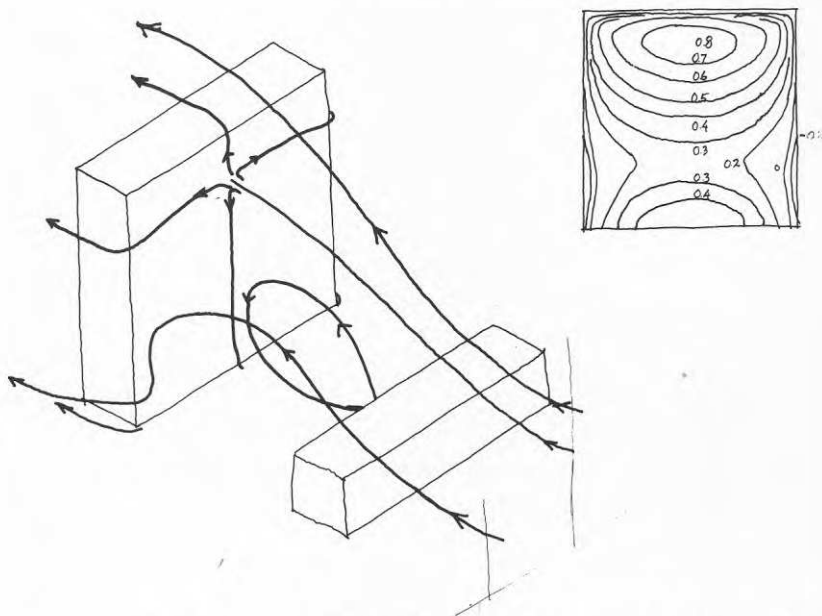
Vad som sagts ovan antyder att vindhastigheten varierar kraftigt i rummet beroende på topografin. Markytans ojämnhet påverkar också vindhastighetens variation i tiden och medför varierande turbulensspektra mellan olika närliggande platser. Idag saknas tillräckligt kunnande för att med stor tillförlitlighet förutsäga vindklimatet på en viss plats med utgångspunkt från mätningar vid en annan plats i landskapet.

Med hjälp av "översättningsdiagrammet" ovan kan man dock konstruera "lokala" vindrosor uttryckande vindens hastighet, riktning och frekvens för de tidsperioder eller temperaturintervall man är intresserad av som ger en mer rättvisande bild än ren klimatstationsstatistik ger.

I kapitel 4 redovisas några tillämpningsexempel där försök till en sådan "översättning" gjorts med de förutsättningar som gäller på platsen.

3.2.2 Luftens strömning kring ett hus

För att finna en lämplig placering av konvektorerna på huset bör man känna till hur luften rör sig kring huset. För dimensioneringen är det också nödvändigt att känna till den genomsnittliga vindhastigheten på den valda positionen. I det följande görs därför ett försök att beskriva luftens strömning och relativa hastighet kring hus utgående bl a från byggnadsaerodynamiska lastförutsättningar. Figur 4.



Figur 4. Exempel på luftströmning runt huskroppen med motsvarande formfaktorer C_p .

Det är enklast att beskriva luftens strömning kring huset om man antar att strömningen är jämn och utan större turbulens. Luftströmmen tvingas böja av åt sidorna kring huset och uppåt över detta. Vid låga hus med stor bredd mot vinden tvingas vinden huvudsakligen upp över huset. Om huset är högt och smalt tvingas luftströmmen böja av mer åt sidorna. I en sådan här jämn luftström kan huset tänkas ses som ett föremål som orsakar en "förträngning" av det "tvärsnitt" luften rör sig i. Luften i en zon framför huset bromsas då in varvid vindens tryck på husets vindsida ökar samtidigt som luftströmmarna över och vid sidan om huset tvingas öka sin hastighet varvid stora sugkrafter på husets sidor kan utbildas. Bakom huset uppstår en "lävak" med virvlande luft och ett måttligt sug. I allmänhet återfinnes de högsta vindhastigheterna kring huset i närheten av de kanter som bildar husets "silhuett" i luftströmmen.

I viss utsträckning återspeglas dessa förhållanden av de sk formfaktorer (C_p) som används för att bestämma vindlaster vid dimensionering av byggnadsverk.

Det statiska trycket (P) i en luftström beror på vindhastigheten (V) enligt Bernoullis ekvation

$$P = \text{konst} - \frac{\rho V^2}{2} \quad \text{där } \rho \text{ är luftens densitet.}$$

Trycket ökar alltså när luften bromsas så att hastigheten sjunker t ex mot en lovartsfasad.

Trycket sjunker då hastigheten ökar.

Formfaktorn (C_p) anger det lokala hastighetstrycket (P) i en viss punkt på ett föremål i förhållande till det maximala hastighetstrycket i den fria luftströmmen med hastigheten (V_{∞}) enligt

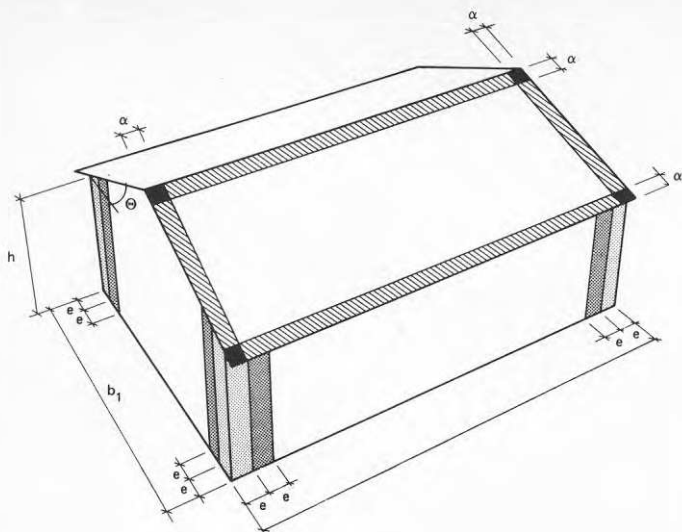
$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2} \quad (P = P_{\text{uppmätt}} - P_{\text{stat ref}})$$

C_p varierar utefter de olika omslutningsytorna på ett hus och positiva formfaktorer kan indikera att vindhastigheten utanför ytan är lägre än friströmshastigheten, lägre ju närmre 1 formfaktorn är. Formfaktorer mindre än $C_p = -1$ betyder att hastighetstrycket i punkten är lägre än i friströmmen och kan därför indikera områden med förhöjda lufthastigheter utmed ytan.

Formfaktorerna som återges i t ex SBN är till storlek och fördelning förenklade i förhållande till de som uppmätts vid vindtunnelförsök. De är också bestämda så att när de används för dimensionering av hus och infästningar inga brott sker för de största vindlaster som beräknas inträffa under en 50-årsperiod. Denna dimensionerande vindhastighet är mycket hög och återges i diagram i SBN.

Ur SBN:s diagram framgår också högsta medelvindhastighet och momentan dimensionerande vindhastighet på olika nivåer i kust och inland samt vilken effekt läande områden kan ha på vinden vid höga hastigheter (10-30% hastighetsreduktion).

För vissa partier av huset har man föreslagit att lokala formfaktorer med extremt höga värden bör användas vid dimensionering av t ex infästningar och tätskikt. (se figur 5). (Jfr även SBN 80, R22:74 Hellers & Lindgren: Vindbelastning på huskroppar av allmän form modellprov, T3:1979 Handa, Kärrholm, Lindquist: Mikroklimat och luft).



Giltighetsområde


$$b_1 < 1$$


$$a = 0,1b_1 \text{ eller } h$$


$$e = \frac{a}{2}$$


$$l < \alpha < 5 \text{ m}$$

$$0,5 < e < 2,5 \text{ m}$$

 $c_{p1} = -2,0$

 $c_{p1} = -5 + 0,1 \cdot \theta$ för $\theta < 20^\circ$
 $= -3,0$ för $\theta > 20^\circ$

 $c_{p1} = -2,0$

 $c_{p1} = -1,2$

Figur 5. Förslag till lokala formfaktorer enligt T3:1979.

Från olika experiment vet man att vindens turbulens är annorlunda vid lägre vindhastigheter och att formfaktorerna i allmänhet sjunker när turbulensen ökar.

Dagtid särskilt under sommarhalvåret bidrar termiska effekter till ökad turbulens vid lägre vindhastigheter. Denna ökade turbulens gör att byggnadspartier som enligt den schabloniserade formfaktorfördelningen i SBN knappast skulle utsättas för några kraftiga luftströmmar momentant eller under kortare perioder kan vara mycket vindutsatta.

Vid de låga vindhastigheter som oftast förekommer i den byggda miljön torde de genomsnittliga skillnaderna i vindhastighet utefter olika omslutningsytor bli måttligare än vad formfaktorerna antyder. De fåtaliga studier av vindfältet kring hus som gjorts i fullskala ger en viss ledning för generella bedömningar (se t ex Folkerman & Österborg: Vindtunnelstudier i anslutning till brandförsök gällande grupphusbebyggelse. Byggnadskonstruktion CTH, publ 1974:4).

Snö och regn följer i stor utsträckning, men ej helt, vindens rörelser och den inverkan nederbörden har på husets "nedsmutningsbild" ger indirekt en uppfattning om vindens rörelser utefter omslutningsytorna. Vindutsatta fasader blir regntvättade medan jämnt nedsmutsade fasader inte utsätts för så mycket vind. (R23:1972).

Husens skala och utformning har stor och svårbedömbare betydelse för luftströmningen runt husen. (R29:1980 Dubinski: Vindklimatiska studier vid planering av bostadsbebyggelse).

Som en grov uppskattning torde emellertid 20-100% av fri vindhastighet kunna tänkas genomsnittligt förekomma utefter husens olika omslutningsytor.

För ett vanligt hus som inte är alltför inbäddat i grönska antas därför här att följande genomsnittliga hastighetskoefficienter kan användas vid dimensionering av vindberoende konvektorer i befintlig bebyggelse, tabell 1.

På hustak utefter takkanter	100% av fri vindhastighet på motsvarande nivå
I närheten av hushörn, tak- ytor i allmänhet	80%
Fasader i allmänhet	60%
Skyddade fasader	40%
Extremt skyddade lägen	20%

Tabell 1. Föreslagna lufthastighetskoefficienter för olika omslutningsytor relativt fri vindhastighet.

Det skall betonas att de uppskattningar som här gjorts härrör från modellförsök och ett fåtal enkla mätningar vid fullskaleförsök. Innan noggrannare värden kan fastställas för olika positioner behövs betydande forskningsinsatser för att klarlägga vilka aktuella samband som föreligger mellan vindhastigheter vid klimatstationen och husens omslutningsytor i byggda miljöer.

3.3 Placering av konvektorer. Praktiska förutsättningar

De praktiska förutsättningar och konsekvenser som gäller för konvektorernas placering ur monterings-, underhålls- och driftsynpunkt är något olika för konvektorer som används i jordvärmesystem och för rena luftvärmepumpkonvektorer.

Luftvärmepumpsystemen använder lägre köldbärartemperaturer och hämtar mer värme ur konvektorerna när det är kallt ute. Konvektorer för dessa system bör därför utformas för att fungera så bra som möjligt även under snöfall och temperaturer kring 0°C. Detta kan begränsa placeringsmöjligheterna och påverka konvektorutformningen.

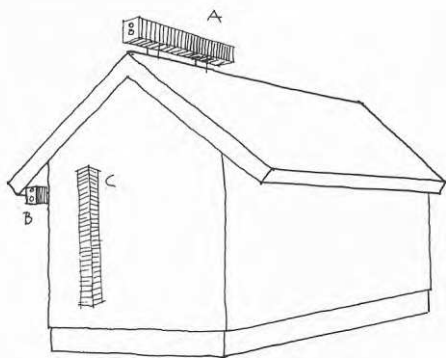
Olägenheterna med igensättning av konvektorerna på grund av snö och påfusen vattenånga och nederbörd talar för att luftvärmepumpkonvektorer bör placeras mer "klimatskyddat" och med stor hänsyn till kravet att lätt bli av med avfrostningsvatten och is.

Fasadernas nedre delar och området omedelbart under takfoten, om denna är utskjutande, är i regel gott klimatskyddade. Här skulle konvektorer med fördel kunna placeras. Då är det emellertid viktigt att infästningen utformas stadigt och så att regnstänk-, kondens- och avfrostningsvatten effektivt leds ut från fasaden.

För konvektorer till jordvärmesystem är driftförhållandena sådana att placering och utformning skall bidra till maximal effektivitet främst under sommarhalvåret då inga snö- eller avfrostningsproblem kan uppstå. Både hög lufttemperatur och -hastighet vid konvektorn är eftersträfvansvärt. Utefter de omslutningsytor på huset som är solbelysta kan man få en högre lufttemperatur. Å andra sidan kan den förhöjda temperaturen där ses som ett tecken på att vindhastigheten inte är särskilt hög.

Valet av konvektorernas placering blir därför tämligen fritt för jordvärmesystem men ändå i hög grad beroende av praktiska restriktioner. Figur 6.

Hus med platta tak eller med mycket flacka sadeltak är oftast papp- eller plåttäckta. Sådana tak fordrar regelbundet underhåll. En utbredd konvektorplacering för att utnyttja värmen över dessa tak kan hindra åtkomligheten vid underhåll av tätskiktet.



Figur 6. Alternativa vindkonvektorplaceringar.

- A. Horisontalt på taknock.
- B. Horisontalt under takfot.
- C. Vertikalt på fasad.

Placerar man konvektorerna omedelbart över takfoten och parallellt med denna för att där utnyttja den högre lufthastigheten försämras inte åtkomligheten. Där finns också plats för arbete vid montering och tillräcklig stomhållfasthet för ökade vikts- och vindlaster som kan förorsakas av konvektorerna. Infästningar nära takfoten innebär att av dessa orsakade eventuella läckagepunkter i takets tätskikt lättare kan lokaliseraras. Eventuellt kondensvatten och utläckt köldbärare från konvektorerna hamnar normalt på takytan som torde tåla detta eftersom den är avsedd att klara större vattenmängder. Nackdelen med denna placering är att konvektorerna riskerar att skadas av snöoras vintertid.

Konvektorerna kan också tänkas orsaka en omfördelning av snölasten på taket genom sin vindhastighetsreducerande effekt. Närmare undersökningar av detta eventuella problem har inte gjorts.

Om konvektorerna placeras överkragade utanför takfoten ställs det högre krav på utformningen för att inte kondens och läckage skall orsaka fasadskador.

Sadeltak eller mansardtak har oftast större lutning och är i regel täckta med takpannor av tegel eller betong. I äldre stadsbebyggelse är plåttäckning med skivor eller band också vanlig. Luftens kraftiga strömning över takytorna motverkar här delvis uppkomsten av hög lufttemperatur p g a solstrålning. En utbredd placering av konvektorerna ger därför inte så stort temperaturtillskott och kan också medföra minskad åtkomlighet vid underhåll samt ett större antal genombrött i tätskiktet.

Av de ur vindsynpunkt gynnsammaste placeringarna torde taknocken och åsarna på sadel- och mansardtak vara tekniskt enklast att utnyttja. Eventuella läckage i tätskikten är lätta att lokalisera och lämpliga stomstrukturer för infästningar finns i regel utefter dessa linjer.

På branta sadeltak och brutna tak måste man beakta effekterna av snö som vintertid kan komma på glid och rasa ned utefter taket. Vindkonvektorerna kan minska dessa snömängder genom att vid montering utefter åsarna på mansardtak eller vid takfoten på sadeltak utgöra en broms för snömassorna. Konvektorerna med infästningar måste då dimensioneras för dessa laster. Sadel- och mansardtak har ofta så stor taklutning att en montering vid takfoten ur arbetsteknisk synpunkt fordrar att man kan komma åt konvektorerna från marken med hjälp av stege, ställning eller hävare. På låga hus med stor taklutning kan detta vara praktiskt och konvektorerna kan där tänkas kraga ut från takfoten, eventuellt så att solskydd samtidigt erhålls. Detta alternativ kan vara tänkbart också för brutna tak av kuverttyp på lägre hus.

Konvektorerna kan också placeras med vertikal utsträckning utefter husens hörn där vindhastigheten inte sällan är hög. På lägre hus kan detta synas praktiskt ur underhållssynpunkt men samtidigt kan vindhastigheten där vara reducerad bl a på grund av planteringar, träd och dylikt och de användbara zonerna därmed reducerade.

För t ex punkthus är de utnyttjningsbara zonerna med vertikal utsträckning större men där är det å andra sidan svårare att komma åt konvektorerna vid eventuella reparations- och underhållsbehov.

Sammanfattningsvis kan fasadplacering tänkas bli mest intressant för luftvärmepumpsystem och takplacering mest intressant för tillämpningar i samband med jordvärmesystem.

Om konvektorerna monteras utbredda på tak- eller fasadytan behövs ett separat bärverk för dessa. För att minska risken för läckage under eller bakom konvektorerna kan man också behöva byta taktäckningsmaterial.

4 STORLEK OCH DIMENSIONERING, TILLÄMPNINGSEXEMPEL

4.1 Jordvärmepumpsystem i flerbostadshus

En vanlig hustyp i Sverige, aktuell för energibesparande åtgärder, är "3-våningslimpan" som ofta har puts- eller tegelfasad i relativt gott skick. Husen har ofta tegeltak eller flacka papptäckta sadeltak.

De flesta sådana hus värms med egen oljepanna eller via undercentraler från en mindre oljeeldad panncentral. Oljeförbrukningen ligger ofta mellan 25 och 30 liter/m² våningsyta (vy) före det att enklare energisparåtgärder genomförts och 20-25 liter/m² vy efter. Med pannverkningsgrad av 0,7-0,8 blir då energibehovet för rumsuppvärmning och tappvarmvatten omkring 200 kWh/m² vy och år före, resp ca 170 kWh/m² vy efter vidtagna sparåtgärder. Energitillbehovet för tappvarmvattnet, 50 å 60 kWh/m² vy år, är relativt jämnt fördelat över året och motsvarar omkring 6 W/m² vy medan däremot rumsuppvärmningsbehovet är som störst när det är som kallast. Det maximala effektbehovet för uppvärmning av dessa hus uppgår vanligen till 70-90 W/m² vy vid dimensionerande lägsta utetemperatur (-12 till -32°C). Vid utomhustemperaturer över +15 å +17°C behövs i regel ingen radiatorvärme för rumsuppvärmning eftersom värmestillskottet från solinstrålning, personer, lampor och andra apparater täcker detta energibehov.

Om värmepumpsystem används för att värma husen så kommer en del av den tillförda värmen att utgöras av den drivenergi som värmepumpen fordrar. Beroende på bl a systemutformning och driftförhållanden utgör denna andel omkring en tredjedel av värmen som produceras av systemet.

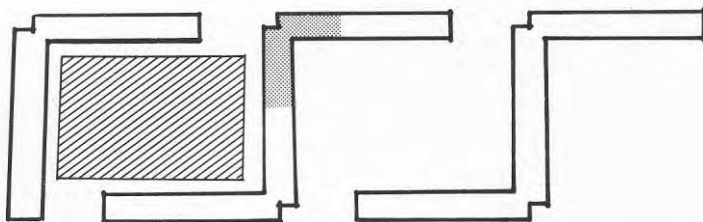
Ett exempel från Göteborgsområdet kan vara till ledning som underlag för en bedömning av det arkitektoniska problemet vid användning av vindberoende konvektorer tillsammans med djupjordvärmesystem.

För ett aktuellt objekt i ett större bostadsområde på Hisingen i Göteborg visar förprojekteringar följande. Objektet innehåller 186 lägenheter i 3-vånings lamellhus med källare, byggda 1950-1952 i putsad lättbetong om tillsammans 11 130 m² uppvärmd yta. De tre vinklade huskropparna med valmade tegeltäckta tak är orienterade runt två gårdar med mätten 70 x 50 m². Husen värms från en liten värmecentral och den specifika oljeförbrukningen efter enkla tätningsåtgärder beräknas bli 20-25 l/m² vy år vid en pannverkningsgrad av 70%.

Av ekonomiska skäl och eftersom det på gårdarna finns uppvuxna träd som man vill spara tas bara den ena gården i anspråk för lager. Lerjordsackumulatortål ej nämnvärd frysning och därför begränsas effektuttaget till 190 kW från denna. Ackumulatortål innehåller 42 000

meter slang vertikalt nedtryckt i 600 st hål till 35 meters djup. Ackumulatorns volym blir ca 84 000 m³ och rymmer 925 MWh om man utnyttjar ett temperaturspann mellan +3°C och +15°C.

Denna dimensionering medför att ca halva årsvärmebehovet tas från ackumulatoren och att värmepumpen under hela vintern kan klara 30-35% av toppeffektbehovet. Under förhösten hämtar värmepumpen värme direkt från de konvektorer som används för laddning av lagret. Omkring 75% av årsvärmebehovet kan då levereras från värmepumpen och resterande del täcks av värme från oljepannorna. Om temperaturen i ackumulatoren under laddningssäsongen stiger så att man kan räkna med en genomsnittlig temperaturdifferens mellan konvektorerna och uteluften på 4-5°C så blir tillgängliga laddningstiden 2000 - 2500 timmar med de lufttemperaturer som förekommer i Göteborgsområdet. Då behövs en specifik värmeupptagningsförmåga (k·A) på konvektorerna av 110 kW/°C.



PLANSKISS ÖVER FÖRSTUDERAT BOSTADSMRÅDE PÅ HISINGEN

////// AREA FÖR MARKACKUMULATOREN

■ AREA FÖR KONVEKTORERNA

Specifika effekten $k \cdot A$ är starkt beroende av värmeackumulatorns egenskaper och kan noggrannare beräknas bl a med hjälp av datorprogram som är under utveckling vid inst för Värmeteknik och maskinlära i Jordvärme-gruppen CTH.

För beräkning av k -värdet för vindkonvektorerna behöver man känna till på platsen förekommande vindhastigheter.

Husen ligger i stadsbebyggelse med skogklädda bergspartier i väst och nordost som kan ge läverkan i dessa riktningar. För beräkning av medelvindhastighet på taknivå i området används här vinddata, hämtade ur "Klimatdata för Sverige", klimatstation Torslanda. Resultatet återfinnes i tabell 2.

Tabell 2. Beräknade medelvindhastigheter (m/s) på taknivå, 3-våningshus, Hisingen, Göteborg.

	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	lugt	mv på hustaknivå
red koeff terräng	0,5 (berg)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,5 (berg)	0,65	0,65		
red koeff för tak- nivå	1	1	1	1	1	1	1	1		
Mars	5	4,6	5,7	6,9	6,5	8,2	5,5	5,1	38°/oo	3,6
Maj	5,7	5,6	5,3	6,4	6,3	6,8	5,3	4,6	37°/oo	3,5
Juli	5,1	5,1	4,8	6,7	6,7	7,2	5,3	4	25°/oo	3,4
Sept	4,4	4,8	5,3	7,5	7,6	7,8	5,5	4,7	22°/oo	3,6

Med ledning av diagrammet i figur 2 kan k -värden mellan 10 och 15 W/m^2 synas vara tillämpliga vid de vindhastigheter som beräknas förekomma på taknocken. Här antas det relativt höga värdet $k = 15 W/m^2$ vara tillämpligt. Ur sambandet $kA = 110 kW/^\circ C$ kan då erforderlig flänsarea $A \approx 7000 m^2$ beräknas. Det valda k -värdet kan erhållas i batterier med flänsdjup av 100-200 mm och flänsavstånd 10-20 mm och den synliga frontytan kan då bli 200-600 m^2 .

Totala nocklängden på husen är ca 330 meter varav ca 140 tillhör det hus i vilket panncentralen finns. Tankbar lösning är att sätta dubbla, en meter höga konvektorer på nocken till panncentralens hus. Vid förprojekteringen studerades flera alternativa utformningar varvid flänsytor mellan 11 000 och 22 000 m^2 erhöles. De då använda k -värdena valdes till 5 å 10 $W/m^2^\circ C$ och ingen höjning av k -värdet på grund av vind tillgodoräknades. Konvektorerna tänktes placerade utbredda på taket varvid 200-400 m^2 av takets totala yta på ca 4 000 m^2 behövde utnyttjas.

Beräkningsexemplet antyder att den erforderliga flänsarean troligen behöver uppgå till minst halva våningsytan vid de förhållanden som gällt för objektet. I inlandet är medelvindhastigheten lägre än i kusttrakterna, säg 2-3 m/s sommartid jämfört med 3-4 m/s i kustområdena, varför k -värden på ca 10 $W/m^2^\circ C$ kanske är mer tillämpliga under i övrigt samma förhållanden. Flänsarean behöver då ökas med 30-50% dvs till ungefär samma yta som våningsytan.

Om en mer skyddad placering på huset väljs behöver flänsarean ytterligare ökas i enlighet med vad som tidigare sagts om genomsnittlig vindhastighet utefter husens omslutningsytor (tabell 1). Beroende på vald

placering kan mer än 1 m^2 flänsarea/ m^2 vy därför vara nödvändig. En sänkning av medeltemperaturnivån i ackumulatorn och/eller en förbättrad värmeöverföring mellan rör och jord medger å andra sidan en med kanske upp emot 50% minskad flänsarea. Detta förhållande kan alltså utnyttjas om det är svårt att få plats med konvektorerna på ett tekniskt-arkitektoniskt acceptabelt sätt.

Vid inledande skissarbeten torde man därför schablonmässigt kunna kalkylera med 1 m^2 våningsyta såsom behövt vid användning tillsammans med vertikala jordvärmesystem. Den synliga frontytan kan då bli drygt 5% av våningsytan, beroende på konvektorutformning och placering. Detta motsvarar ca 10% av fasadytan men kan sannolikt accepteras i många fall eftersom konvektorerna med fördel kan placeras på andra ytor än fasaderna.

4.2 Luftvärmepumpsystem i flerbostadshus

För att illustrera skillnaden i konvektorarea och -placering vid tillämpning av beräkningssätten för renodlat luftvärmepumpsystem väljs här som exempel hus med samma karakteristika som i tidigare exempel. Luftvärmepumpsystemet täcker i detta fall dock en mindre andel av årsvärmebehovet.

Man kan anta att luftvärmepumpsystemet dimensioneras för hela uppvärmningsbehovet ned till 0°C utetemperatur. Detta motsvarar ungefär halva toppeffektbehovet, alltså omkring 40 W/m^2 vy. Vid temperaturer under 0°C svarar oljepannor för hela värmebehovet. Konvektorerna bör i detta driftfall ej utsättas för snö och kondensat, avfrostningsvatten och -is från dem får ej orsaka skador på hus eller människor. De måste då placeras relativt skyddat, kanske nära marken eller eventuellt omedelbart under takfoten. I båda fallen får man räkna med medelvindhastigheter som är lägre än de som råder i närheten av taknocken, uppskattningsvis bara 40% av fri vindhastighet (räknat över alla vindriktningar i medeltal för detta objekt). Vindhastighet och -riktning vid temperaturer över 0°C under vinterhalvåret är av speciellt intresse ur dimensioneringssynpunkt. Medelvindhastigheten vid klimatstationen i Torslanda under denna tid kan beräknas med uppgifter ur "Klimatdata för Sverige" och uppgår till drygt 7 m/s räknat över alla vindriktningar. Vid studieobjektet uppskattas den till ca $0,65 \times 7 \text{ m/s} = 4,6 \text{ m/s}$ i genomsnitt på taknivån. Vid skyddad placering av vindkonvektorerna kan vindhastigheten då beräknas bli $0,4 \times 4,6 \text{ m/s} = 1,5 - 2 \text{ m/s}$ vilket ger ett tillämpligt k-värde på $5-10 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Antas konvektorerna hålla en temperatur som ligger 5-10°C under utelufttemperaturen och värmepumpen ha en värmefaktor som är 2,0 behövs en flänsarea $A \approx 50\%$ av våningsytan för att 50% av toppeffektbehovet skall kunna produceras. Om denna area inryms i batterier, säg 100 mm tjocka och med flänsavstånd 10 mm skulle den synliga frontytan bli ca 5% av våningsytan.

Som jämförelse kan nämnas att fönsterytan i genomsnitt uppgår till 15% av våningsytan eller 10-30% av fasadytan. Konvektorerna skulle därmed bli så små att de sannolikt inte behöver påverka husens arkitektur i nämnvärd utsträckning.

Det kan konstateras att konvektorytan i detta fall blir mindre men att konvektorerna bör ges en annan och kanske arkitektoniskt svårare placering än i jordvärmepumpfallet. Ändå torde utformningen som inte påverkar husens arkitektur i nämnvärd utsträckning kunna åstadkommas.

4.3 Jordvärmesystem i villa

För ett småhus med ett maximalt effektbehov på ca 10 kW som har ett djupjordvärmesystem som täcker hela effektbehovet fås en erforderlig flänsarea $A = 120-170 \text{ m}^2$ om en tämligen exponerad placering av konvektorerna väljs. Om läget är skyddat för vind, och mycket tyder på att näraliggande träds lövverk sommartid kraftigt reducerar vindhastigheten, kan dubbla denna area behövas.

Den synliga konvektorytan kan därför bli 5-10 m^2 beroende på läge och placering samt hur systemet i övrigt utformats.

4.4 Luftvärmepumpsystem i villa

För ett småhus med nominellt maximalt effektbehov av 10 kW och en värmepump dimensionerad för att täcka halva toppeffektbehovet blir den erforderliga flänsarean 30-50 m^2 om temperaturdifferensen mellan konvektor och luft väljs till 10°C och värmepumpens värmefaktor är 2,0. Detta innebär ca 4 m^2 frontyta på konvektorn som därmed lätt kan placeras t ex under takfoten på huset varvid de arkitektoniska effekterna blir små.

5 DISKUSSION

5.1 Experimentbyggande i fullskala

I den forcerade satsningen på att minska energiförbrukningen för byggnadsuppvärmning i Sverige ingår forskning, utveckling och experimentbyggande som väsentliga led. Normalt tar det mycket lång tid innan nya kunskaper och produkter når ut i byggverksamheten. Genom experimentbyggande hoppas man vinna tid men man är också medveten om att experimenten kan misslyckas.

Denna studie avses bli komma till användning i experimentbyggande med de osäkerheter som där är tillåtna.

Praktiska erfarenheter av vindberoende konvektorer i alternativa uppvärmningssystem saknas nästan helt. Rhein-Westfälische Elektrizitätsgesellschaft redovisar i sin meddelandeserie olika erfarenheter av konvektorer som emellertid alla baseras på tyska förhållanden. Husens effektbehov är där annorlunda och vindhastigheterna är genomgående lägre än vad som gäller för stora delar av Sverige. För att få ökad kunskap är det nödvändigt att de första experimentanläggningarna med vindberoende konvektorer byggs så att noggranna mätningar av bl a vindhastigheter och -riktningar, luft- och köldbärartemperaturer möjliggörs. Klimatparametrarna måste mätas så att de går att relatera till allmänna klimatdata vid någon klimatstation.

Konvektorerna bör inte överdimensioneras i förhållande till t ex slanglängd och ackumulatorstorlek. Då försvåras den arkitektoniska behandlingen.

Om konvektorerna underdimensioneras något i ett djupjordvärmesystem resulterar detta i en liten minskning av ackumulatorns sluttemperatur och därmed minskad lagringskapacitet. Det minskade värmeuttaget ur ackumulatorn kan dock delvis kompenseras genom ökad luftvärmepumpdrift. Detta är möjligt eftersom konvektorytan ändå är större än konvektorytan för luftvärmepumpsystem och därför medger relativt måttligt effektuttag ur konvektorerna vid detta driftfall. I experimentobjekt skall mätningar och utvärdering för senare optimeringsberäkningar underlättas och detta är många gånger svårt när all dimensionering genomgående gjorts "på säkra sidan".

En knapp dimensionering förbilligar konvektorkostnaden och förenklar placerings- och monteringsproblemen vilket blir framgång av de förprojekteringar som gjorts. På grundval av förprojekteringar har kostnadskalkyler gjorts som pekar på att det borde vara möjligt att komma ned till ca 30 kr/m² flänsyta inkl montering. För ett djupjordvärmesystem skulle konvektorkostnaden då bli ca 15% av hela systemkostnaden för ett medelstort objekt.

5.2 Materialval

Vindberoende konvektorer bör naturligtvis ha lång livslängd, fungera tekniskt bra och vara billiga. Konvektorerna kommer att utsättas för nederbörd, kondens och luftföroreningar som tillsammans bildar en elektrolyt som befördrar korrosion. En överslagsberäkning av den tid som konvektorerna utsätts för kondens vid drift tillsammans med djupjordvärmesystem pekar på att våttider på upp emot 2000 timmar per år kan förväntas. Detta innebär minst en fördubbling av den våttid som är vanlig för t ex infästningar eller andra byggdelar av metall. För konvektorer i luftvärmepumpsystem blir våttiden kortare, dels för att de belastas mindre när det är som varmast, dels för att de påfrostar vid lägre utetemperaturer varvid korrosionshastigheten avtar.

Korrosionen uppstår framför allt i spalter mellan metaller som ligger långt ifrån varandra i den elektro-kemiska spänningskedjan. För att minska korrosionsriskerna kan man gå flera vägar.

- * Konvektorerna kan tillverkas i ej korroderande material.
- * Konvektorerna kan tänkas tillverkade i ett enda material, t ex aluminium eller koppar.
- * Konvektorerna kan ytbehandlas så att spalterna tätas för fukt.
- * De ingående materialen kan pläteras så att korrosionskänsligheten minskar.
- * Antalet spalter eller korrosionskänsliga punkter kan minskas.

Krav på installationers förläggning och material syftande till att undvika skador på byggnad och stomme vid t ex läckage finns också, t ex i SBN 80. Med hänsyn till att erfarenheter från vindberoende konvektorer idag saknas bör därför dessa förläggas åtkomliga och utbytbara.

5.3 Arkitektoniska konsekvenser. Slutsatser.

Vindberoende konvektorer kan till skillnad från olika sorters solfångare placeras helt utan hänsyn till solstrålningen.

Detta innebär en arkitektonisk frihet som kan utnyttjas på olika sätt. En utsatt placering nära taknock kan påverka fjärrarkitekturen på liknande sätt som skorstenar och ventilationsanläggningar på taken gör. En mer undanskymd placering är också fullt möjlig men till priset av större flänsarea.

Storleken på konvektorerna är mycket beroende på förekommande vindhastigheter och de ansatser som gjorts i denna skrift för att bestämma tillämpligt k-värde behövs vidareutvecklas. Kalkylerna tyder dock på att de arkitektoniska konsekvenserna torde kunna bemästras.

Av tradition har många svenska hus en fram- och en baksida där de arkitektoniska kraven ofta är olika. Särskilt gäller detta småhus och hus i slutna kvartersbebyggelse. Det är därför troligt att vindberoende konvektorer mestadels kan placeras så att de inte allvarligt påverkar husens yttre.

För t ex enbostadshus är det knappast motiverat att finräkna på konvektorstorleken utan konvektorkostnaden kan bli lägre om t ex våningshöga standardelement för placering på någon undanskymd fasadyta tas fram. Den förändring av husens yttre som blir följden torde vara så liten att byggnadslovsprövning inte behövs.

För högre hus däremot, t ex frigliggande flerbostadshus, där den synliga ytan av konvektorerna kan uppgå till 3-10% av fasadytan är det dock troligen många gånger nödvändigt att överväga de tekniskt-ekonomiska och arkitektoniska konsekvenserna även när en mindre utsatt placering väljs. Det är därför viktigt att arkitekter sätter sig in i hur vindberoende konvektorer kan dimensioneras, utformas och placeras.

LITTERATURFÖRTECKNING

- R23:1972
Jacobson & Lindgren: Fasadnedsmutsning.
- R22:74 Hellers & Lundgren: Vindbelastning på huskroppar av allmän form.
- Publ 1974:4 CTH Byggnadskonstruktion, examensarbete.
Folkerman & Österberg: Vindtunnelstudier i anslutning till brandförsök gällande grupphusbebyggelse.
- Publ 1974:8 CTH Byggnadskonstruktion.
Handa K: A simple method of estimating the response of building structures to random loads.
- CTH-A-HB (15 delar 1974-1978).
L Jacobson, A M Wilhelmsen: Vapenverkan i bebyggelse.
- R31:1975
M Nord: Vindhastigheten avtar med avståndet från kusten.
- Publ 1975:3
Handa K: Evaluation of gust factors.
- Prop 1977/78:76
Energisparplan för befintlig bebyggelse.
- R86:1977
Widegren K: Möjlig användning av solfångare i befintlig storstadsbebyggelse - en inventering.
- Statens Planverk, rapport 41 1977
Energihushållning i befintlig bebyggelse.
- R94:1978
Roger Taesler: Klimatdata för Sverige.
- SIB 1978:1
Undersökning av husbeståndet från energisynpunkt.
Delrapport 3.
- SIB M79:9
Undersökning av husbeståndet från energisynpunkt.
Delrapport 7. Kulturhistorisk besiktning.
/Riksantikvarieämbetet/.
- T3:1979
Handa, Kärrholm, Lindquist: Mikroklimat och luft.
- CTH-A-HB 1979:7
Jacobson & Starke: Byggnadsuppvärmning med jordvärmepumpar. Prov med egenkonvektorer som uteluftvärmefångare.
- SBN 80 Svensk Byggnorm 1980. Statens Planverk.
- SOU 1980:43
Program för energihushållning i befintlig bebyggelse.

DS I 1980:10

Oljeersättningsdelegationen: Förutsättningar för ökad användning av solvärme i Sverige.

R29:1980

Dubinski, K: Vindklimatiska studier vid planering av bostadsområden.

R53:1980

Berntsson, T: Dimensionering av jordvärmesystem. Teknik och ekonomi.

R88:1980

Modin & Wilén: Byggnadsuppvärmning med jordvärmepump.

R149:1980

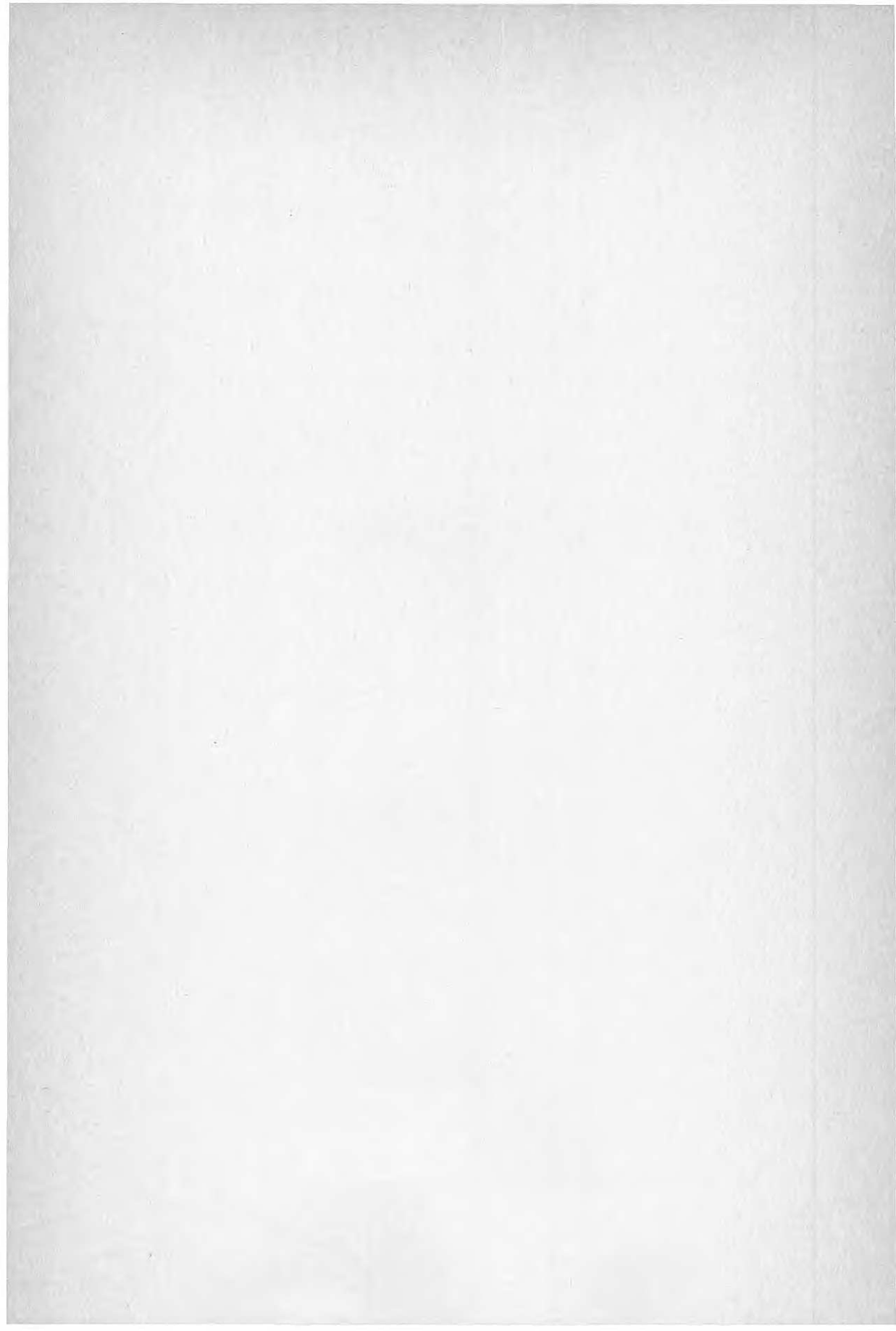
L Jacobson m fl: Jordvärme i tätort.

Projektarbete 113, CTH 1981

Ahlfors, Bohman et al: Värmekollektorer för värmepump.

RWE Informiert 166, 176, 169

Reinisch Westfalisches Elektrizitätswerk AG,
Hauptverwaltung, Abt Anwendungstechnik, Postfach 103165,
Kruppstr 5, 4300 Essen 1, BRD



PUBLIKATIONER FRÅN JORDVÄRMEGRUPPEN

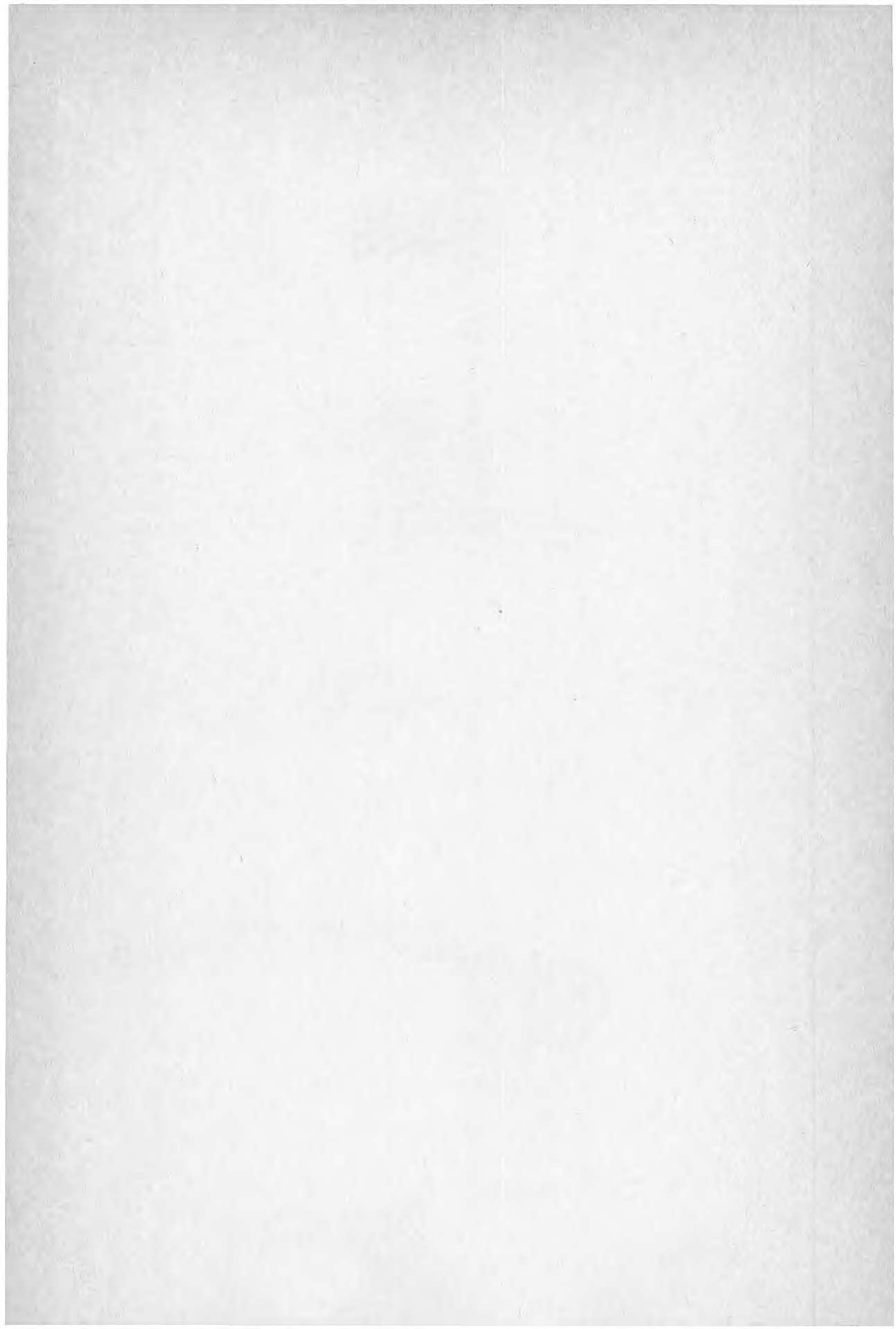
BFR-RAPPORTER

- Blomqvist N & Jacobson L: Förstudier av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump. Förutsättningar i befintlig bebyggelse. BFR-rapport R94:1978.
- Modin B: Förstudier av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump. Geologiska faktorer. BFR-rapport R55:1979.
- Jordvärmegruppen CTH: Nordic Symposium on Earth Heat Pump Systems. Preprints + supplement. 1979.
- Berntsson T: Dimensionering av jordvärmesystem. Teknik och ekonomi. BFR-rapport R53:1980.
- Modin B & Wilén P: Byggnadsuppvärmning med jordvärmepump. Geologiska förutsättningar för värmelagring i lera inom större tätorter i Mellansverige. BFR-rapport R88:1980.
- Berntsson T, Franck P-Å, Jacobson L, Modin B & Wilén P: The use of the ground as a heat source for heat pumps in urban areas. BFR-rapport D39:1980.
- Jordvärmegruppen CTH: Användning av mark som värmekälla för värmepumpar i tätort. Översiktliga tekniska-ekonomiska bedömningar. BFR-rapport R149:1980.

JVG-rapporter

(Fr o m mars 1981 har Jordvärmegruppen publiceringsavtal med BFR, vilket innebär att vissa rapporter framgent kommer att utges som sk JVG-rapporter.)

- Wilén P: Grundvatten som värmekälla för husuppvärmning med värmepump. Litteraturstudie, system och ekonomi. JVG-rapport nr 1. 1981.
- Franck P-Å, Modin B & Rosenblad G: Värmepump med vertikalt jordvärmesystem och vindkonvektorer. Utvärdering av ett fullskaleprojekt i Utby. JVG-rapport nr 2. 1981.
- Rhen I: Registrering av vattenhalt i jord genom mätning av den elektriska kapacitansen. JVG-rapport nr 3. 1981.
- Rhen I: Horisontella jordvärmesystem över och under grundvattentytan. Geologiska förutsättningar i Orsa. JVG-rapport nr 4. 1982.
- Sundberg J: Metoder för bestämning av värmeöverförande egenskaper i jord och berg. JVG-rapport nr 5. 1982.
- Svensson T & Wilén P: Sedimentvärme för bostadsområdet Finnsnäs, Mora. Förstudie av geologiska och hydrologiska förutsättningar. JVG-rapport nr 6. 1982.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770610-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till avdelningen för Husbyggnad, Chalmers tekniska
högskola, Göteborg.**

R82: 1982

ISBN 91-540-3743-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700582

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 25 kr exkl moms