

WSP Environmental
Laholmsvägen 10
302 66 Halmstad

BeSmå - Förstudie styrning, mätning och visualisering

Genomgång tidigare projekt

Nedan görs en genomgång av några tidigare projekt, huvudsakligen avseende styrning och reglering av värmesystem.

Styrssystem för direktelvärm – ELAB, 1991-1993

Under perioden 1991-1993 provade ELAB¹ (Eleffektiviseringslaboratoriet) nio olika styrsystem för direktelvärm. Eftersom samtliga styrsystem provades i samma villa under olika klimatförhållanden kunde man inte avgöra om något system sparade mer energi än något annat. Det som utvärderades var istället egenskaper såsom temperaturstabilitet vid statisk och dynamisk drift, laststyrning, samt vädringslås och laststyrning om sådana fanns. Temperaturstabiliteten vid statisk drift var bra för samtliga provade objekt. Vid värmetillskott tog det mellan 15 min och 1 timme innan effekten stängdes av, i något fall stängdes den inte av helt alls. Vädringslåset fungerade bra för tre av de provade objekten. Samtliga objekt hade möjlighet till tidsstyrd temperatursänkning, men i ett fall bara med 2 grader. Laststyrningen fungerade bara bra i tre fall, i ett fall tog återhämtningen lång tid och i övriga fall var en återkommande effekt väl hög. 6 av systemen var självadaptiva medan tre krävde intrimning. Inga av de provade objekten hade trådlös styrning mellan temperaturgivare och styrenhet. Endast två av de provade systemen verkar i vidareutvecklad form finnas kvar på marknaden idag. IQtherm finns kvar med samma namn men med ett modernare utseende och utan fjärrkontroll. VASA-mester 20 har vidareutvecklats och bytt namn i flera steg via MPC easy och numera MPC advance. Den ursprungliga VASA-mester 20 har också sålts under olika namn (Anticimex, Bonab, ELMAN). Enligt ELMAN har produkten i sina olika utformningar och namn sålts i totalt cirka 10 000 exemplar, på senare år huvudsakligen till fritidshus i fjällen.

Teknikupphandling Styrssystem för direktelvärm – NUTEK, 1997

Under 1996-1997 genomförde NUTEK en teknikupphandling av styrsystem för direktelvärm. Utvärderingen utfördes av SP Sveriges Provnings- och forskningsinstitut. För att kunna mäta upp skillnad i energianvändning byggdes en realtidsrigg. Den bestod av 6 små klimatkammare för simulering av inneklimat samt en större klimatkammare för simulering av uteklimat. En dynamisk datormodell av en villa skapades. Genom att koppla samman klimatkammare och datormodell med provobjekten kunde utvärdering ske under identiska yttre förhållanden.

¹ ELAB var ett samarbetsprojekt mellan Elforsk, BFR och NUTEK. Vattenfall Utveckling AB, Älvkarlebylaboratoriet, administrerade projektet och ansvarade för det tekniska innehållet.

Vinnare blev IQtherm. Samma realtidsrigg användes senare även vid Konsumentverkets nedan nämnda utvärderingar av styrsystem, samt Stockholm Stads LIP-kanslis provning av Smartare reglering av vattenburen värme i bostadshus.

Centrala styrsystem för vattenburen värme - Konsumentverket, Råd & Rön 2001-2

Fyra olika centrala värmeregleringssystem för vattenburna värmesystem provades genom att kopplas till ovan nämnda realtidsrigg. Vissa ombyggnader krävdes för att anpassa riggen så att även shuntventilen uppfattade det som att den satt i ett verkligt hus. Det första provobjektet provades med bara utegivare (framkopplad reglering). Det andra provobjektet provades med utegivare samt med både ute- och innegivare (återkopplad reglering). Det tredje provobjektet provades med både ute- och innegivare. Det fjärde provobjektet provades med bara innegivare. Referensen var "handshuntning" som fortfarande var vanligt förekommande i många befintliga småhus vid denna tidpunkt och som de provade objekten var tänkta att ersätta. Med framkopplad reglering uppnåddes 16-17 % besparing. Detta med i det närmaste perfekt inställd framledningskurva. Med återkopplad reglering uppnåddes 22-24 % besparing. Detta trots att den återkopplade regleringen var sämre på att hantera vädring. Utifrån detta kan man också dra slutsatsen att central återkopplad reglering sparar 5-8 % jämfört med en perfekt inställd framkopplad reglering. I praktiken bedöms att skillnaden är större. Detta då det är väldigt svårt att ställa in en optimal framledningskurva. Det är därför mer sannolikt att en framkopplad reglering endast sparar 10-15 % och att den återkopplade regleringen sparar ungefär omkring dubbelt så mycket. Detta jämfört med handshuntning. Endast ett av de provade objekten hade en bra flödesstabilitet. Detta innebär bl.a. att övriga provobjekt sliter onödigt mycket på ventilmotorn. Resultaten från provningen sammanfattades i Råd & Rön 2001-2 (se bilaga 1). Samtliga provade objekt säljs fortfarande men i en vidareutvecklad variant:

VSE-1 Kompakt heter VSE 3000 <http://www.wseprodukter.se/vse3000.html>

EVR heter EVR-M90 LCD <http://www.evrservice.se/sv/reglersystem/>

ECUMIX 1 heter BAS-VVS <http://www.bonab.se/rod/utgatt/pdf/BAS-VVS%20Manual.pdf>

Thermomatic Combi heter Thermomatic EC Home
http://www.termoventiler.se/index.php?sid=produkter&undersida=thermomatic&produkt=thermomatic_ec_home

Styr- och reglersystem för direktvärme - Konsumentverket, Råd & Rön 2003-2

Fyra olika styrsystem för direktvärme provades i ovan nämnda realtidsrigg. Det första provobjektet var ett decentraliserat flerzonssystem utan utegivare. Provobjekt två och tre var centraliserade flerzonssystem med utegivare. Det fjärde provobjektet var ett centraliserat enzonssystem utan utegivare. Samtliga system hade alltså återkopplad reglering. Referensen var ett hus med dåliga bitermostatventiler på varje radiator. Felvisningen för rumsgivarna var för två av systemen oacceptabelt stor, något som dock kompensades för under provningen. Flerzonssystemen sparade 9-11 % och hade en bra temperaturstabilitet medan enzonssystemet bara sparade 6 % och hade en sämre temperaturstabilitet. Utifrån detta kan man dra slutsatsen att ett flerzonssystem sparar 3-5 % mer än ett flerzonssystem. Detta med väldimensionerade märkeffekter på elradiatorerna, vilket inte alltid är fallet. I praktiken kan därför energibesparingen bli ännu lägre och temperaturstabiliteten ännu sämre med enzonssystemet. Samtliga flerzonssystemen provades endast med tre zoner. Vid användning av fler zoner bedöms energibesparing bli ännu något större och temperaturstabilitet ännu något bättre.

Resultaten från provningen sammanfattades i Råd & Rön 2003-2 (se bilaga 2). Enzonssystemet säljs inte längre. Flerzonssystemen säljs fortfarande men i en vidareutvecklad variant:

IQtherm EL heter IQtherm EL2. <http://www.zc.se/produkter.asp?prodkat=13&prodid=204>

EnergiComfort finns i två varianter ECV4 och ECV6 (EnergiComfort Villa 4 zon och 6 zon). <http://www.frico.se/Produkter/Regleringar/regleringar/energikomfort/ecv6-energikomfort-villa-6-zon/>

ELMAN MPC heter numera ELMAN MPC advance. <http://elman.se/ty-mpc/index.html>

Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i bostäder – EFFEKTIV-rapport, 2003

Inom ramen för forskningsprogrammet EFFEKTIV² gjordes en simuleringsstudie av en trerums lägenhet placerad i Stockholm. Fokus låg på att studera hur olika kombinationer av reglerstrategier för radiatorsystem och de boendes beteende tillsammans påverkar den totala användningen av energi för uppvärmning. De reglerstrategier som studerades var framkoppling med *reglerande* återkoppling, framkoppling med *maxbegränsande* återkoppling och framkoppling utan återkoppling, d.v.s. *konstant flöde*. Även om studien avser en lägenhet så kan resultaten till stora delar även appliceras på ett småhus. Studien tydliggör några av de faktorer som de boende inte har kontroll över och som i ogynnsamma fall kan leda till en hög energianvändning. Två av dessa faktorer, vilka inte är kopplade till beteendet, är lägenhetens orientering och radiatorsystemets framledningstemperatur. Olika reglerstrategierna är mer eller mindre känsliga för dessa faktorer. De beteendefaktorer som har störst påverkan på energianvändningen är fönstervädring och användning av hushållsapparater. En optimal reglerstrategi ska inte nämnvärt öka energianvändningen vid fönstervädring och den ska nyttiggör så stor del av det värme som alstras av hushållsapparater. Individuell återkopplad reglering är den reglerstrategi som har störst potential att uppnå en optimal energianvändning vid uppvärmning av bostäder. Men det är samtidigt den som är mest känslig för boendes beteende, främst med avseende på vädring. Reglertekniskt kan detta lösas med någon typ av vädringslås. Det är dock erfarenhetsmässigt svårt att få dessa att fungera optimalt i alla lägen. Det är bättre att påverka den boendes beteende så att onödig vädring undviks. Studien finns dels redovisad i en Projektrapport (bilaga 3) och en kortare Temarapport (bilaga 4).

Smartare reglering av vattenburen värme i bostadshus – Stockholm Stads LIP-kansli, 2003

Ovan nämnda realtidssimulator byggdes om för att prova ett reglersystem för en lägenhet med ett vattenburet radiatorsystem och elektroniskt styrda radiatorventiler. Tre system med återkopplad reglering provades. Ett av tre system slutade upprepade gånger att reglera under provningen och fick därför uteslutas. De två övriga systemen reglerade under normaldrift väldigt likartat. Det ena systemet hade dock en kraftig avvikelse mellan börvärde och ärvärde vilket fick kompenseras för under provningen. Båda systemen hade också relativt stora regleravvikelser och reagerade sent på ändringar i internlast. Vi strömavbrott behölls inställt flöde, vilket var önskvärt, men det ena systemet återgick till fabriksinställningar efter avbrottet, vilket var mindre bra. Nattsänkfungerade i båda systemen, men beroende på börvärdesfelet blev den inte så stor som önskat i det ena systemet.

² EFFEKTIV var ett forskningsprogram som bedrevs inom Centrum för Effektivt Energianvändning (CEE). CEE bestod av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.

Kartläggning befintliga styr- och reglersystem

Inledning

Avseende tekniker för optimal styrning och reglering av värmesystem har det egentligen inte tillkommit något sedan de projekt som genomfördes för 10-20 år sedan. Redan då fanns adaptiva självlärande system och möjlighet till flerzons individuell återkopplad reglering. Det som däremot har hänt är att man fått mer användarvänliga gränssnitt, att avancerad elektronik blivit ännu billigare och lättare att programmera, samt att man börjat tillämpa kommunikation med trådlös överföring. Det senare innebär framför allt för flerzonssystemen en mycket enklare och billigare installation. Nackdelen är att man i flera fall är beroende av batterier som regelbundet måste bytas i flera enheter för att systemet ska fortsätta fungera. En annan sak som hänt är givetvis de utökade möjligheterna som tillkommit genom smarta mobiltelefoner och för dessa specialutvecklade appar. Detta innebär att många styr- och reglersystem har gränssnitt som gör det möjligt att styra sin värmeanläggning på distans. Tidiga versioner, som fortfarande säljs, baseras på sms och GSM-moduler. Detta kan vara bra för exempelvis fritidshus som saknar fast internetuppkoppling. Numera är det dock vanligast att styrning på distans sker via internet. De flesta värmepumpar har idag möjlighet till styrning och övervakning på distans via en mobilapp. I många fall sker dock själva styrningen endast via framkoppling. Om återkoppling sker så är det vanligen endast via en central inbegivare, alternativt via medelvärdesbildning av två inbegivare, d.v.s. återkopplad individuell reglering är väldigt ovanligt. I vissa fall stängs av outgrundlig anledning återkopplingen av när en större temperatursänkning sker via mobilapp eller tidsprogram. Detta är extra olyckligt eftersom ett återkopplat system vid större sänkningar av börvärdet har ännu större möjlighet att utnyttja internvärme från exempelvis passiv solinstrålning.

Olika värmepumpar, fjärrvärmecentraler el- och bränslepannor kan ha olika typer av kommunikationsgränssnitt i sitt interna styr- och reglersystem. Samma sak gäller olika fabrikat på fristående styr- och reglersystem för *individuell* återkopplad reglering av radiatorventiler, golvvärmesystem etc. I vissa fall kan systemen bara kommunicera med andra applikationer av samma fabrikat. Ibland kan man inte ens kombinera alla applikationer från samma tillverkare på ett optimalt sätt. Många gånger krävs istället att en kunnig fackman ställer in systemen så att de kan fungera tillsammans på ett bra sätt utan eller med begränsad kommunikation sinsemellan. I andra fall är det nätägarna (el och fjärrvärme) som inte vill släppa in andra i sina mätare. Ibland beror det på att det ses som en affärsidé att sälja egna tjänster kring detta, men det kan också ha att göra säkerhet, integritet, garantier och hur mätarna är uppbyggda. El- och värmemängdsmätare har exempelvis vanligen pulsutgångarna placerade innanför plomberingen. Det är därför av flera skäl en utmaning att utveckla ett generellt fabrikant-oberoende styr- och reglersystem som kan styra hela värmesystemet på ett optimalt sätt.

Det finns exempel på avancerade hemelektronikfantaster som med en billig hårdvara av typen raspberry-pi har kunnat ta kontroll över och styra sin värmepump. För en kommersiell produkt kan detta dock i fallet värmepump också innebära juridiska utmaningar, exempelvis kring kompressorgarantin om en utomstående styr- och reglerutrustning kan gå in och ändra i hur en värmepump ska styras.

Något om olika kommunikationsprotokoll m.m.

En teknisk apparat styrs av någon typ av PLC (Programmable Logic Controller) eller DUC (DriftsUnderCentral) som det kallas i byggnader. Dessa kan jobba med olika kommunikations-språk/protokoll såsom LonWorks, Canbus, Modbus eller bacnet. LonWorks är ett äldre protokoll som användes mycket i början av 2000-talet men är inte lika vanligt idag. Det används dock fortfarande i befintliga apparater och i OEM-produkter. Även Canbus är ett äldre protokoll med vissa begränsningar. För användning i ett enklare och mindre komplext system

som i en villa är det dock fortfarande vanligt, exempelvis i värmepumpar. Modbus är ett europeiskt protokoll som är mycket vanligt. Det är ett fritt och öppet protokoll som fungerar både i DUC/PLC och i mätare. Öppenheten innebär också att det finns lite olika ”dialekter”. Baseras på ett register i DUC/PLC eller mätare, vilket förutsätter tillgång till en registerlista för att veta vad som läses. Bacnet är det protokoll som stöds av amerikanska Ashrae . Det har ett tydligare definierat protokoll och därför färre varianter/”dialekter”. Det används bl.a. av Siemens och Honeywell. De flesta styrföretag har någon typ av bacnet-driver.

Enklare typer av givare kan kopplas direkt till en DUC/PLC medan mer avancerade mätare har egna kommunikationsprotokoll såsom Modbus (samma som för en DUC/PLC), M-bus eller Mini-bus. Dessa protokoll används för registrering av mätdata på distans från t.ex. från en elmätare. Det bör påpekas att dessa tre protokoll med snarlika namn inte är kompatibla med varandra.

Apparater med olika protokoll har vanligen svårt att kommunicera direkt med varandra. Däremot kan man med styr- och övervakningssystem på en högre nivå sammanföra och överföra data från olika DUC:ar. Även här finns det olika programmeringsspråk tillgå såsom scada, sitec, exoweb, m.fl. Några är knutna till vissa tillverkare medan andra är öppna för fler användare och utvecklare.

Några exempel på avancerade styr- och reglersystemen på marknaden

Nedan redovisas några avancerade styr- och reglersystemen som redan finns på marknaden idag. Samtliga kan redovisa och visualisera energianvändning, temperaturer, etc.

Danfoss Link är ett trådlöst system för rumsvis reglering av vattenburna radiatorer och golvvärmesystem, samt elgolvvärme. Styrning på distans via app ingår. Systemet kan även samstyras med Danfoss värmepumpar. Osäkert hur det är med samstyrning av andra värmeanläggningar, inklusive Danfoss egna fjärrvärmecentraler.

Thermia Link är en utveckling av *Danfoss Link* så att den anpassats för att samstyras med Thermias värmepumpar. Det är ett trådlöst system för rumsvis reglering av vattenburna radiatorer och golvvärmesystem. Dock inte 100% kompatibel med styrning på distans med Thermia on-line. Beskrivs närmare i bilaga 5.

Synco living från Siemens är ett utbyggbart hemautomations- och reglersystemet som kan hantera många uppgifter i hemmet såsom värme och ventilation, ljus och solskydd. Styrning på distans via app finns. Osäkert hur det är med samstyrning av andra värmeanläggningar, inklusive Siemens egna värmepumpar och fjärrvärmecentraler. Beskrivs närmare i bilaga 6.

B@home by Alre är ett trådlöst system för rumsvis styrning av vattenburna och elektriska radiatorer och golvvärmesystem. Radiatorstyrningen har adaptrar för olika ventiltyper. Styrning på distans via app finns. Osäkert hur det är med samstyrning av andra värmeanläggningar såsom värmepumpar och fjärrvärmecentraler.

Bedömning av energieffektiviseringspotential

De flesta småhus med vattenburen värme bedöms idag ha endast framkopplad reglering, d.v.s. framledningstemperaturen styrs av utetemperaturen. Vidare bedöms att framledningsskurvan sällan har en optimal inställning. Utifrån tidigare provningar bedöms att bara genom införandet av en central återkopplade reglering, d.v.s. med en inngivare, så skulle en besparing på 10-15 % uppnås i dessa hus. Genom införande av florzons återkopplad reglering bedöms en ytterligare besparing på ca 5 %. Genom temperatursänkning på nätter och vid frånvara bedöms att besparingen blir ytterligare 5-10 %. Genom införandet av en optimal reglering bedöms att de flesta småhus kan spara 20-30 % av sitt uppvärmningsbehov.

Svenska småhus använder idag totalt 31 TWh/år för uppvärmning och varmvatten, inklusive uppskattningsvis cirka 4 TWh/år för drift av fläktar och pumpar. Av detta uppskattas cirka 7 TWh/år användas till varmvatten. Återstår då cirka 20 TWh/år för uppvärmning. En energibesparing på 20-30 % i hela småhusbeståndet innebär då en total potential på cirka 4-6 TWh/år fördelat på olika energislag enligt följande.

Tabell 1. Besparingspotential med optimal värmereglering i alla svenska småhus (TWh/år)

El	Biobränslen	Fjärrvärme	Olja	Totalt
1,5-2,2	1,5-2,2	0,9-1,3	0,2-0,3	4-6

Givetvis är det inte sannolikt att alla småhus utrustas med optimal reglering, men om man lyckas få till det i hälften av småhusen så handlar det ändå om en relativt stor minskning.

Kravspecifikation för optimal styrning och reglering av värme i småhus

En kravspecifikation en teknikupphandling av styr- och övervakningssystem för småhus kan bestå av flera skall- och börkrav. Önskemålet är en "fabrikantoberoende" produkt som skall eller bör kunna:

- ... reglera värme (samt eventuellt solavskärmningar, kyla och/eller ventilation) individuellt i varje rum på ett optimalt sätt.
- ... kommunicera trådlöst med givare och apparater som har olika kommunikationsprotokoll.
- ... läsa av IR-pulsen från el- och värmemängdsmätare (med god mätosäkerhet)
- ... kommunicera med och styra det centrala värmesystemet (fjärrvärmecentral, värmepump, biobränslepanna, ...)
- ... ge lättbegriplig återkoppling av energianvändningen (värme, varmvatten, fastighetsel, hushållsel, solexel, ...)
- ... hantera och optimera sin styrning utifrån energipris- och väderprognoser
- ... ge larm /indikering om något verkar fel i systemet (någon typ av FDD – Fault Detection and Diagnosis)
- ... användas och begripas av en vanlig boende, d.v.s. att det inte krävs en intresserad civilingenjör för handhavandet)
- ... hanteras på plats eller på distans via en app för smartphone/padda (med löpande support/underhåll av programvaran)
- ... förväntas finnas kvar på marknaden under överskådlig tid (kan levereras med 10 års funktionsgaranti)
- ... kombineras med andra tjänster såsom brand- och inbrottslarm.
- ... hantera hus med direktelvärmdda och/eller vattenburen värme.
- ... implementeras utan byte av befintliga radiatorventiler.
- ... ha en positiv LCC-kalkyl, d.v.s. både spara energi och pengar.

Vid utvärderingen av olika anbud till en teknikupphandling bedöms det inte kostnadseffektivt att lägga många hundra tusen på att mäta upp några procents skillnad i energiprestanda under ideala förhållanden. Viktigare bedöms vara att utvärdera funktionalitet (vilka funktioner som finns och att de fungerar), installationsarbete (tid och kostnad), robusthet (hållbarhet och garantier) och användarvänlighet.

Sammanfattning

Utifrån tidigare studier vill bedöms att det mesta av nödvändig tekniken finns, men inte alltid paketerat till en integrerad helhet. Förutsättningarna för billigare och smartare reglering är mycket bättre nu än för 10-15 år sedan, framför allt beroende på utvecklingen inom internet och trådlös kommunikationsteknik.

Den totala energibesparingspotentialen för införande av optimal värmereglering i småhus bedöms till 4-6 TWh/år.

Den stora utmaningen och hindret för en ”fabrikantoberoende” produkt bedöms vara att kunna kommunicera med produkter av olika fabrikat. Det finns idag ett antal olika kommunikationsgränssnitt och det kan vara väldigt omständigt att komma åt att kommunicera med alla dessa från en ”plattform”. Det kan i vissa fall ta mycket tid och kosta mer än det borde. Kräver i vissa fall även en viss välvillighet från leverantörer av vissa fabrikat. I andra fall är det nätägarna (el och fjärrvärme) som inte vill släppa in andra i sina mätare. Ibland beror det på att det ses som en affärsidé att sälja egna tjänster kring detta, men det kan också ha att göra säkerhet, integritet, garantier och hur mätarna är uppbyggda.

Det finns några relativt omfattande system för bl.a. rumsvis återkopplad reglering av värme i småhus och som kan styras på distans via app. Det är dock osäkert om de kan samstyras med värmeanläggningar av olika fabrikat.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Energi och bioekonomi - Klimatisering och installationsteknik

Utfört av

Granskat av

Svein Ruud

Markus Alsbjer

Bilagor:

1. Test av styrsystem för vattenburen värme. Råd & Rön Nr 2-2001.
2. Test styrsystem för elvärme. Råd & Rön Nr 2-2003.
3. Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus. Projekt rapport EFFEKTIV 2001:04
4. Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i bostäder. Temarapport EFFEKTIV 2003:08
5. Termia Link (produktbroschyr)
6. Siemens SyncoLiving (produktbroschyr)

Jämn värme till lägre kostnad

Att spara el har blivit högaktuellt denna vinter. Ett sätt är att ersätta termostaterna med ett styrsystem. Det drar inte bara ner elräkningen utan ger även jämnare värme i villan. Vi har testat fyra system för direktelvärm. Resultaten är mycket varierande liksom priserna.

I äldre hus med direktverkande elvärme är radiatorernas termostater ofta dåliga, vilket leder till onödigt hög förbrukning. Inomhustemperaturen blir ojämn, radiatorerna knäpper och blir skällheta. Varje grad förhöjd temperatur inomhus motsvarar 5 procents ökad energianvändning för uppvärmning. I stället för att byta ut termostater eller radiatorer kan du installera ett styr- och reglersystem, som automatiskt håller temperaturen jämn vid den önskade temperaturen i husets olika delar.

Ett styrsystem skickar ut effekten till elradiatorerna i regelbundna pulser utan fördröjning. Gamla termostater reagerar långsamt på ändrade inställningar medan ett styrsystem ger en jämnare värme utan toppar och dalar, som därför kallas mjuk-el eller komfort-el. Det kan minska elkostnaden med en tusenlapp och mer per år. Har man sedan tidigare ett riktigt uselt värmesystem kan besparingen bli ännu större.

Olika zoner

När inomhustemperaturen är jämn går det lättare att sänka temperaturen någon grad i hela huset och i vissa rum, som sängkammaren, går det att hålla en ännu lägre temperatur om huset delas in i olika zoner. Temperaturen kan också sänkas under dagen då huset är tomt och under helger och semestrar då familjen är bortrest.

Effektvakt finns som standard eller tillbehör hos tre av de fyra styrsystem för direktel som SP, Sveriges provnings- och forskningsinstitut nu testat. En sådan minskar effektanvändningen och gör att huvudsäkningen kan minskas från 25 am-

pere till 20 eller från 20 till 16 ampere och därigenom ge lägre nätavgift. En effektvakt minskar tillfälligt effekten hos värmesystemet och andra apparater med hög effekt, när den sammanlagda energianvändningen i villan når en viss nivå. Det inträffar när många maskiner och lampor är på samtidigt.

Ska klara sol och vädring

De fyra styrsystem som SP provat har olika konstruktioner: med eller utan utegivare, centraliserade eller decentraliserade. Testet visar hur väl systemen lyckas hålla den önskade temperaturen jämn. Sänker de värmen när solen lyser in, när många människor är samlade eller många apparater och lampor är påslagna? Klarar de vädring utan att radiatortemperaturen rusar i höjden? Hur mycket energi använder de i huset?

Även hanterbarheten har testats. Reglerenheten ska vara så enkel att sköta att man själv kan ändra inställningar. Själva installationen ska göras av en fackman, för det är inte lätt att ställa in systemen även om alla har en svensk bruksanvisning. När man sedan vill ändra inställningar behövs oftast bruksanvisningen.

Vid installationen av flerzonssystem delas huset in i olika zoner utifrån vilken temperatur man vill ha i olika rum. Sovrum kan till exempel vara en zon där man vill ha lägre temperatur, kök och badrum, där man vill ha högre, kan vara en annan. Varje zon ska ha en innegivare som talar om vilken temperatur rummet håller. Signaler skickas i kablar till reglerenheten, som om den är centraliserad är placerad intill elcentralen, som också brukar vara indelad

i grupper. Det decentraliserade systemet i testet, IQTherm, har en reglerenhet i varje zon som styrs med en fjärrkontroll.

Systemen provades i ett datorsimulerat tvåplanshus från 70-talet, där den uppvärmda ytan var 140 kvadratmeter. Vid provningen av flerzonssystemen delades huset in i tre zoner med var sin innegivare: hela bottenvåningen en zon, de två sovrummen på övervåningen en zon och övriga utrymmen en tredje zon.

IQTherm är avsett att ha en reglerenhet i varje rum, i det här fallet skulle det bli tio till tolv zoner och detta var inte möjligt att genomföra i testet. När temperaturen styrs rumsvis blir resultatet bättre, bland annat vädringsläsets funktion.

För Anticimex utgjorde hela huset en enda zon med en innegivare. Detta enzonssystem ger dåligt resultat, visar testet, och är dessutom dyrt. Och det kräver en öppen planlösning för att fungera någorlunda bra.

Rättvis jämförelse

Det datorsimulerade huset gör det möjligt att utsätta provobjekten för exakt samma förhållanden när det gäller husets utseende, klimat och invånarnas beteende.

– Det är i praktiken omöjligt i ett vanligt hus, säger Henrik Quicklund på SP. I verkligheten är det många faktorer – till exempel husets utseende, innevägnarnas antal och beteende med mera – som påverkar ett system.

Förhållanden som påverkar värmesystemet kallas i det här sammanhanget för störningar. Människor innebär exempelvis störningar på grund av att vi ut-

Fabrikat	IQTHERM EL	ENERGICOMFORT	ELMAN MPC	ANTICIMEX
Pris cirka	995:- per reglerenhet 1 375:- för fjärrkontroll	7 600:- till 8 500:-	9 000:- till 20 000:- ¹⁾	14 000:- inkl installation
Regleringsprincip	Decentraliserat flerzon-system utan utegivare.	Centraliserat flerzon-system med utegivare.	Centraliserat flerzon-system med utegivare.	Centraliserat enzon-system utan utegivare.
För antal zoner	Obe-gränsat (testat med 3) ²⁾	1-4 (testat med 3)	1-4 (testat med 3)	1
Energibesparing	9,3%	11,4%	8,9%	6%
Temperaturstabilitet	±0,5°C	±0,5°C	±0,5°C	±0,9°C
Vädringslås	Mindre bra	Bra	Acceptabelt	Acceptabelt
Felvisning, rumsgivare	3°C	0,9°C	0,6°C	1,5°C
Effektvakt	Finns som tillbehör.	Kan beställas inbyggd/som tillbehör.	Ja	Nej
Program	Veckoprogram	Veckoprogram, datumprogram	Veckoprogram	Nattsänkning som tillbehör.
Kan ansluta varmvattenberedare	Nej	Ja, till elapparatutgång.	Ja, till tariffstyrning.	Ja
Hanterbarhet	Relativt enkel, men omständligt att snabbt höja/sänka temperaturen i termostaten i varje zon med fjärrkontroll.	Lite krånglig programmering, sker centralt i reglerenheten. Enkelt att ändra temperaturen.	Relativt enkel, men omständligt att snabbt höja/sänka temperaturen i zonerna.	Mycket enkel.
Övrigt	Ingång för extern telefon-avstängning, 2 års garanti.	Tillbehör för telefonstyrning. Utgång för elapparater som motorvärmare, belysning med mera, 3 års garanti.	Ingångar för last- och tariffstyrning, golvgivare, luftfuktighetsgivare, 5 års garanti.	Kan även styra bland annat infravärme, 2 års garanti.

1) Beroende på antalet zoner. Modellen ersätts snart av den billigare och mer lättskötta MPC Advance, enligt tillverkaren. 2) Varje rum ska egentligen vara en zon.

Vad säger tabellen?

Testet är utfört av Sveriges provnings- och forskningsinstitut, SP, i laboratoriemiljö i en datorsimulerad tvåplansvilla.

Pris cirka: Tillverkarens eller leverantörens uppgift. Pris som anges i ett spann beror på hur många zoner systemet ska reglera.

Regleringsprincip: Ett centraliserat system har endast en reglerenhet, ett decentraliserat har en i varje zon. Utegivare mäter och sänder temperaturen utomhus till reglercentralen. Alla system har inbegivare.

För antal zoner: Vid provningen delades det datorsimulerade tvåvåningshuset in i tre zoner med undantag för Anticimex.

Energibesparing: I jämförelse med energiåtgången i ett hus med dåliga bimetalltermostater på varje radiator vid ett kilowattpris på 75 öre och energiåtgång cirka 15 000 kWh om året – hushållet ej medräknat bli besparingen med de testade systemen 700–1300 kronor

Temperaturstabilitet: Svängningar upp och ner från den inställda temperaturen.

Vädringslås: Stänger av effekten till radiatorerna vid vädring för att temperaturen på dem inte ska rusa i höjden. Omdömet omfattar både effektökning och återgång till normal rumstemperatur.

Felvisning, rumsgivare: Systemets felvisning av rumstemperaturen.

Effektvakt: Stänger av effekten ut till radiatorerna tillfälligt när den sammanlagda energianvändningen i huset når en viss nivå, när många maskiner och lampor är på.

Program: Veckoprogram för olika temperaturinställningar exempelvis dag och natt. Detta upprepas sedan automatiskt om man inte ändrar inställningen. Med datumprogram görs inställningar för vissa datum framöver, exempelvis till helgen i fritidshuset.

Hanterbarhet: Om systemet är lätt att ställa in.

Kort om testet

Energicomfort sparar mest energi, går att datumprogrammera, men är lite krånglig att ställa in. **IQTherm** ger också bra energivinst, varje rum har sin reglerenhet. **Anticimex** är mycket lätt att sköta, men temperaturregleringen blir dålig då huset är en enda zon. Temperaturen är också instabil.

Tillverkare

Anticimex, 054-18 53 40,
www.anticimex.se

Elman MPC, 031-15 22 01,
www.elmanmpc.se

IQTherm, 031-69 32 40,
www.rfpartner.se/iqtherm

Energicomfort, 031-336 86 00,
www.frico.se

▷ söndrar värme: ju fler, desto mer värme. Detta ska inbegivarna reagera för så att styrsystemet snabbt sänker temperaturen på radiatorerna. Samma sak när solen lyser in och värmer eller när många lampor är på.

Att vädra innebär också en störning, radiatortemperaturen får inte skena i höjden för att kompensera att rummet blir

kallare, vilket vanliga termostater gör, ”översläng” på fackspråk. Alla systemen har ett så kallat vädringslås, som minskar mängden effekt som då styrs ut till radiatorerna. Men det är bara Energicomfort som klarar vädring bra.

För Anticimex tar det över tre timmar innan rumstemperaturen återställs till det normala efter en vädring. För IQTherm tar

det bara en dryg timme. Elman och Energicomfort tar två respektive en och en halv timme. □

TEXT MONICA LAGERGREN
FOTO ULF HOLMSTEDT/MEGAPIX

Vill du veta mer?

I Råd&Rön nummer 2/2001 finns ett test av styrsystem för vattenburen värme.

Bekvämt och ekonomiskt

Med ett centralt styrsystem för den vattenburna värmen i huset slipper man gå ner i källaren och ställa om värmen. Eller skruva ner varenda element. Man kan också spara upp till 20-30 procent energi, runt 1500 kronor om året, jämfört med om man reglerar värmen manuellt.

TEXT MONICA LAGERGREN

När SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, testade fyra värmereglerings-system ville man framför allt

undersöka fördelar och nackdelar med olika regleringsprinciper.

Det finns i huvudsak två olika grundprinciper för hur värmeregleringsystem fungerar, baserade antingen på ute- eller innetemperaturgivare. Det betyder att temperaturen på vattnet som går från pannan till elementen styrs av den uppmätta temperaturen ute eller inne.

En utrustning, Thermomatic Combi, har provats med två olika regleringsprinciper. De övriga tre med en princip.

-Vår jämförelse gäller alltså inte så mycket de olika fabrikaten utan skillnader mellan olika principer, för-

klarar Svein Ruud på SP.

System med innegivare kallas för återkopplade och system med utegivare kallas för framkopplade. Det finns också system med både innegivare och utegivare som kallas fram- och återkopplade.

System med utegivare måste justeras in mycket noga.

Inställningen av effektkurvan bestämmer framledningstemperaturen - det vill säga hur varmt vattnet som kommer fram till elementen ska vara - vid en viss utomhustemperatur. Inställningen kan behöva ändras flera gånger innan rätt kurva ställts in. Vid ändrade vanor eller om man gör energisparåtgärder, som tilläggsisole-

ring, kan en ny kurva behöva ställas in. Och vid längre perioder med kraftig vind eller mycket sol som ligger på kan man tillfälligt behöva justera kurvan upp eller ner.

I ett hus som är mycket välisolerat ska man ställa in en flackare kurva. Då höjs framledningstemperaturen inte så mycket vid kyla. Det samma gäller om huset har enbart golvvärme. Är huset dåligt isolerat eller elementen små, måste kurvan vara brantare.

Om kurvan ställs för högt får man antingen acceptera att det blir för varmt eller vädra. I båda fallen ökar energianvändningen markant. Thermomatic Combi med utegivare testades med en sådan kurva.

Mindre inställningar med innegivare

För system som styrs av innetemperaturen behöver framledningsskurvan inte ställas in så noggrant. Det viktigaste är att den blir högre än för ett system med utegivare. Annars finns inga marginaler och då kan det bli för kallt. För Ecumix 1 behöver ingen kurva ställas in alls, bara önskad inomhustemperatur.

Alla testade fabrikat klarar relativt bra att hålla jämn temperatur vid kortvariga förändringar i rumstemperaturen, exempelvis när många människor samlas eller solen lyser in.

Hur lätt ett reglerings-system är att sköta är en mycket viktig egenskap. EVR och Ecumix är lättast att höja och sänka temperaturen med, Thermomatic med endast utegivare är svårast.

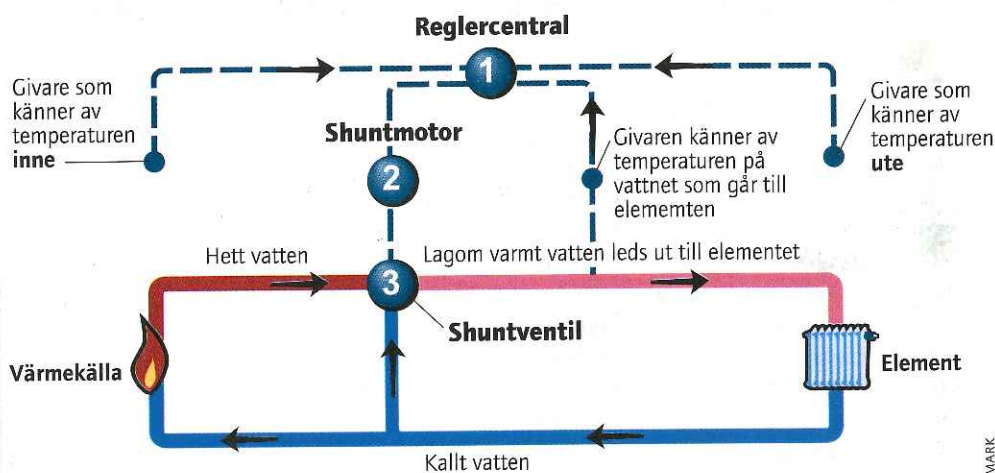
forts... →



FOTO GUNNAR ASK/PRESSENS BILD

Temperaturen kan stiga ett par grader under en middag för många med kokande grytor och levande ljus. Alla testade regleringssystemen klarar relativt bra att hålla jämn temperatur vid sådana kortvariga förändringar.

Så fungerar reglerutrustningen



- 1 **Reglercentralen** tar emot all information om temperaturer överallt. Den styr shuntmotorn.
- 2 **Shuntmotor** som styr shuntventilen
- 3 **Shuntventilen** blandar vattnet till rätt temperatur.

— Elledning

ILLUSTRATION SOLVEIG HELLMARK

Vad säger tabellen?

Testet är utfört av SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Testet utfördes i laboriemiljö, där systemen kopplades mot ett virtuellt typ-hus från 70-talet med mekanisk frånluftsventilation.

I ett verkligt hus kan resultaten bli något annorlunda beroende på hur huset är konstruerat. I äldre, sämre isolerade och otätare hus med självdragsventilation bedöms exempelvis skillnaden mellan de olika principerna bli större. Även i hus med braskaminer bedöms system med innegivare ha större fördel än vad testet visar.

Tabellen visar **fyra olika fabrikat**. Thermomatic har testats med två olika principer. Alla testade fabrikaten har framledningsgivare som mäter temperaturen på vattnet som leds ut till radiatorsystemet.

Pris är det pris som tillverkaren/leverantören har uppgett. Ecumix kostar 4650 eller 5570 kronor, beroende på hur stor inställningsradie den har. Den finns i 90 eller 180 grader, beroende på hur shuntventilen ser ut. Kablar kostar cirka 50–150 kronor, beroende på längden. Alla systemen är tänkta att kunna installeras av kunden. Att få Ecumix 1 installerad av en fackman kostar, enligt leverantören, 3000–5000 kronor. För de övriga systemen saknas prisuppgifter.

Regleringsprincip: ute- eller innegivare mäter temperaturen och ger order, genom en signalledning, till reglercentralen om behov av höjning eller sänkning av temperaturen på framledningvattnet till elementen.

Känslig för kort/ lång vädring: ja innebär att systemet ökar värmen vid vädring.

Flödesstabilitet är hur ofta och jämnt shuntmotorn öppnar och stänger shuntventilen.

forts...

Den som är lite händig kan själv installera de flesta av de testade utrustningarna. Är man tveksam på om man klarar installationen bör man anlita en fackman. Kopplar man fel kan utrustningen gå sönder.

De flesta placeras i pannrummet

Tre av reglercentralerna placeras i pannrummet vid shuntventilen. Ecumix' lilla regulator, kombinerad med en innegivare, sätts centralt uppe i huset medan shuntmotor och kopplingsdosa för kablar och ledningar sätts i pannrummet.

Regleringssystemen drivs med 24 volts el och ansluts i de flesta fall till husets nät via en adapter.

Utegivaren ska placeras mot norr, anser många, och under det utskjutande taket så att den inte utsätts för regn och snö. Innegivaren placeras centralt, i det rum man oftast vistas i.

VSE-1 är lättast att installera. Den har reglercentralen

inbyggd i inställningsdosan och alla elektriska kopplingar sker med färdiga stickkontakter.

Flödesstabiliteten – hur ofta och hur regelbundet shuntmotorn öppnar och stänger shuntventilen – påverkar både motorns och ventils hållbarhet. Om motorn ideligen öppnar och sluter ventilen för vattenflödet, så nöts den och går så småningom sönder. Thermomatic har bra flödesstabilitet vid normaldrift.

Liten vinst med nattsänkning

De provade fabrikaten har alla möjlighet, inbyggd eller som tillbehör, till nattsänkning av temperaturen. Om temperaturen sänks sex timmar under natten spar man bara två till tre procent energi. Det beror på att det går åt så mycket energi att återställa en dräglig temperatur dagtid.

–Då är det bättre att skruva ner elementen på natten bara i de utrymmen där man vill ha det lite kallare, säger Svein Ruud.



FOTO MATS JOHANSSON

VSE-1 kompakt är lätt att installera men bedöms ändå som dålig på grund av den dåliga flödesstabiliteten.

Leverantörer

VSE: WSE Produkter AB
031-26 78 78

Thermomatic: Thermoventiler AB
0321-261 80

EVR: Ulricehamns VärmeElektronik AB
0321-14 991

Ecumix: Frontyard Energy AB
08-590 87 000

När man reser bort kan man däremot spara en del energi genom att sänka värmen. □

Testresultat för värmeregleringssystemen

MODELL	VSE-1 KOMPAKT	THERMOMATIC COMBI		EVR	ECUMIX 1
PRIS, CIRKA	2 500–3 000:-	3 100:- exkl kablar		3 000:- exkl kablar	4 650:- för 90°¹⁾ 5 570:- för 180°¹⁾
REGLERINGSPRINCIP	Utegivare (framkopplad). Innegivare finns som tillbehör.	Utegivare (framkopplad).	Inne- och utegivare (fram-och återkopplad).	Inne- och utegivare (fram- och återkopplad).	Innegivare (återkopplad).
KRÄVER INSTÄLLNING AV EXAKT KURVA	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej
KÄNSLIG FÖR KORT VÄDRING	Nej	Nej	Ja	Nej	Ja
KÄNSLIG FÖR LÅNG VÄDRING	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
UTNYTTJAR GRATISVÄRME	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
LÄTT HÖJA/ SÄNKA TEMPERATUREN?	Acceptabelt	Svårt	Lätt	Mycket lätt	Mycket lätt
FLÖDESSTABILITET	Dålig	Bra	Bra	(Dålig) ²⁾	(Mycket dålig) ³⁾
LÄTT INSTALLATION?	Mycket lätt	Lätt	Acceptabel	Acceptabel	Acceptabel

1) Beroende på hur shuntventilen ser ut.

2) Resultatet är osäkert och kan bero på felaktig inställning på justeringen av motorns öppningstid eftersom information saknas i installations- och användarinstruktionerna.

3) Beror möjligen på att den levererats med fel typ av shuntmotor.

Så här mycket energi kan man spara

Reglerprincip	Reglersystem/ Fabrikat	Effektbehov, medelvärde över året	Skillnad i energi- förbrukning mot referenssystem	Energibehov och rörliga kostnader för uppvärmning med två olika värmekällor ²⁾		
				Energibehov	Elpanna	Värmepump
MANUELL REGLERING	Referens ¹⁾	2,32 kW	0	20 300 kWh	13 195:-	4 565:-
MED UTEGIVARE	VSE-1	1,93 kW	-17%	16 889 kWh	10 978:-	3 815:-
	Thermomatic	1,96 kW	-16%	17 156 kWh	11 151:-	3 875:-
MED INNEGIVARE	Thermomatic	1,82 kW	-22%	15 900 kWh	10 335:-	3 592:-
	EVR	1,76 kW	-24%	15 463 kWh	10 051:-	3 493:-
	Ecumix	1,80 kW	-22%	15 847 kWh	10 301:-	3 580:-

1) Typhuset med manuell reglering (handshuntning). 2) Beräknat på elpriset 65 öre. Värmepumpens värmefaktor är 3.

Energianvändningen har korrigerats så att innetemperaturen i princip aldrig får underskrida +19°C.

EVR drar minst energi. Thermomatic Combi med innegivare och Ecumix 1 drar något mer energi.

Mest energi drar systemen med utegivare: VSE-1 och Thermomatic Combi som har provats med enbart automatik.

Vid regelbunden manuell anpassning av framledningskurvan kan energibehovet närma sig det som uppnås med system med innegivare.

Kort om testet

Ett system med utegivare kräver mer av användaren. Vill man inte behöva justera inställningen med jämna mellanrum bör man välja ett system med innegivare.

Svein Ruud drar följande slutsatser utifrån testet:

- Har man redan investerat i bra reglerande termostatventiler ska man välja ett system med utegivare. Annars bör man välja ett system med innegivare.

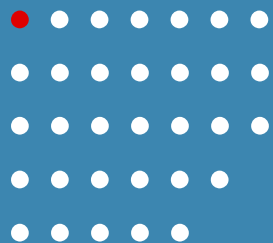
- Ett system med enbart *utegivare* har vissa tekniska fördelar som "automatiskt vädringslås" – elementtemperaturen ökas inte vid vädring – och möjlighet att automatiskt höja lufttemperaturen inne när det är riktigt kallt ute. Nackdelen är framför allt att systemet inte känner av ett ökat värmebehov under perioder när det blåser mycket. För att uppnå låg energianvändning krävs där-

för en medveten och aktiv användare. (Om systemet kompletteras med termostatventiler med begränsning av maxtemperaturen kan man undvika att det blir alltför varmt. Det spar dock inte mycket energi utan är mest till för att det ska vara behaglig inomhustemperatur.)

- Fördelen med reglering med *innegivare* är att inställningen är enkel, eftersom framlednings-

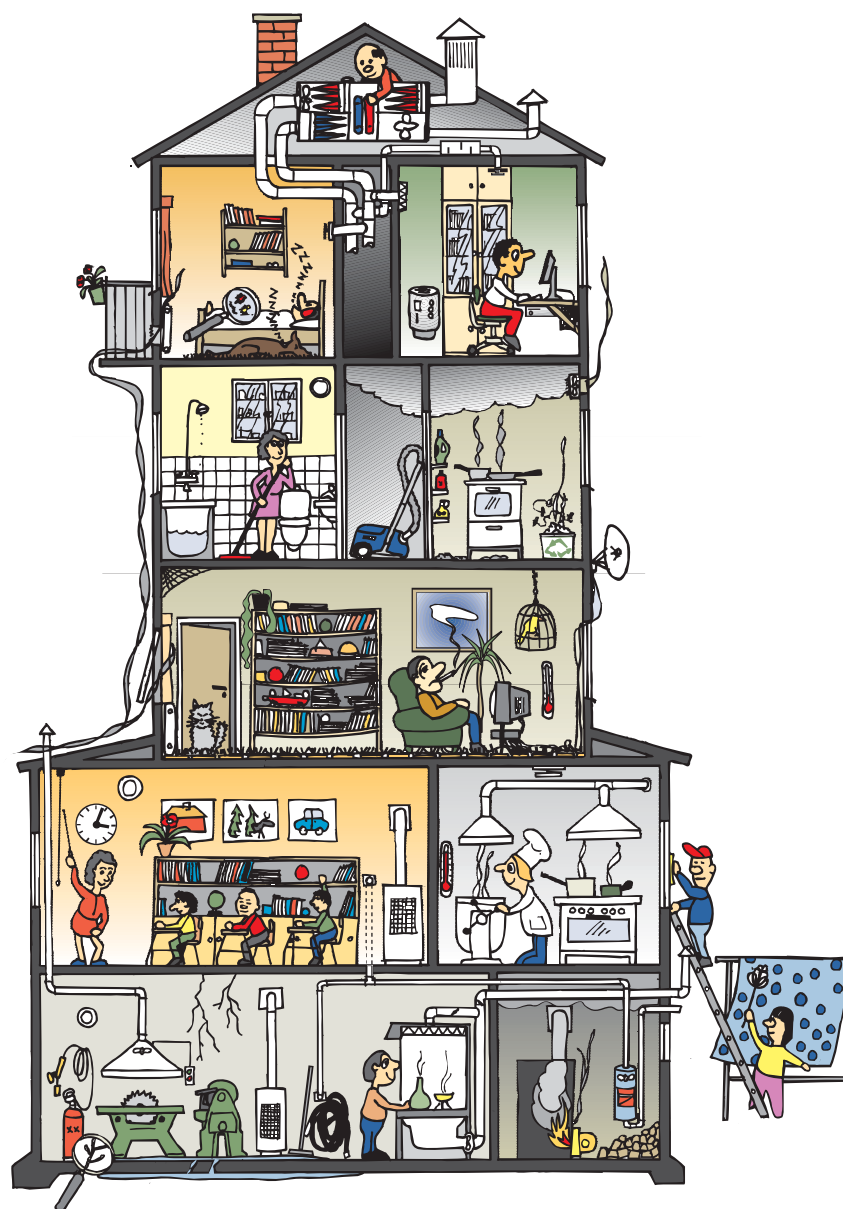
temperaturen automatiskt anpassas till husets aktuella behov. Nackdelen är att man inte har ett automatiskt "vädringslås", utan måste tänka sig för lite mer innan man vädrar.

- Inget av de testade fabrikaten är bra eller bäst på *samtliga* av de testade punkterna. Thermomatic Combi (med innegivare) och EVR bedöms av Svein Ruud som bra.



Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus

Jörgen Eriksson
Åsa Wahlström



Samverkan för effektiv och miljövänlig energianvändning i bostäder och lokaler

EFFEKTIV är ett samarbetsprojekt mellan staten och näringslivet med ELFORSK som koordinator. EFFEKTIV finansieras av följande parter:

- ELFORSK
 - Borlänge Energi AB
 - Borås Energi AB
 - Bygghälsningsrådet
 - Energibolaget i Norden AB
 - Falu Energi AB
 - Gränings Kalmar Energi AB
 - Göteborg Energi AB
 - Helsingborgs Energi AB
 - Jämtkraft AB
 - Karlstads Energi AB
 - Mälar Energi AB
 - Skellefteå Kraft AB
 - SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
 - Statens Energimyndighet
 - Svenska Fjärrvärmeföreningen
 - Sydkraft AB
 - Umeå Energi AB
 - Uppsala Energi AB
 - Vattenfall AB
-

Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus

Författare Jörgen Eriksson*, Åsa Wahlström*		Rapportdatum 2001-06-15	
Från EFFEKTIV		Rapportnr	Slutrapport
ISBN 91-7848-858-3	ISSN 1650-1489	Antal textblad 40	Antal bilagor 3
Sökord reglering, radiator, energi, beteende, simulering			

*SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Rapportbeskrivning

Vilket reglersystem man väljer att installera i ett flerbostadshus har stor inverkan på hur de boendes beteenden kommer att påverka behovet av värme tillförsel. Behovet av värme beror till stor del på om reglersystemet medger att den värme som avges från belysning och eldrivna apparater kan nyttiggöras för uppvärmningsändamål.

I studien görs en simuleringsstudie av en tre-rums lägenhet som ligger mitt i ett flerbostadshus placerat i Stockholmsområdet. Speciell tonvikt har lagts på att studera hur olika kombinationer av reglerstrategier för radiatorsystemet och de boendes beteenden tillsammans påverkar den totala användningen av värme för uppvärmning.

I studien redovisas fyra beteendeprofiler, ett spara och ett slösa beteende för två olika hushållssammansättningar, ett pensionärspar respektive en tvåbarnsfamilj. Beteendeprofilerna är olika kombinationer av främst fönstervädring och användning av hushållsapparater. I profilerna redovisas även hur många personer som är i respektive rum, när spiskåpan är ställd i forceringsläge och när dörrarna till respektive rum är öppna.

De reglerstrategier som studerats är framkoppling med *reglerande* återkoppling, framkoppling med *maxbegränsande* återkoppling och framkoppling utan återkoppling, dvs. med *konstant flöde*.

Studien tydliggör några av de faktorer som de boende inte har kontroll över och som i ogynnsamma fall kan resultera i en hög energianvändning. Två av dessa faktorer som påverkar energianvändningen, men som inte är kopplat till beteendet är lägenhetens orientering och radiatorsystemets framledningstemperatur. De olika reglerstrategierna är mer eller mindre känsliga för dessa faktorer.

De beteendefaktorer som har störst påverkan på energianvändningen är fönstervädring och användning av hushållsapparater. En optimal reglerstrategi skall inte påverkas av fönstervädringen samtidigt som den nyttiggör en stor del av det värme som alstras av hushållsapparater.

Förord

Denna rapport har skrivits inom ramen för forskningsprogrammet EFFEKTIV med syftet att klarlägga några av de parametrar som påverkar energianvändningen i flerbostadshus, och försöka identifiera den reglerstrategi som passar bäst till ett visst beteende.

Arbetet har genomförts av Energiteknik SP med bistånd i form av diskussion och granskning av de övrigas medlemmar i CEE, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik CTH.

Vi vill också tacka övriga som hjälpt oss med material och synpunkter på rapporten.

Borås juni 2001

Jörgen Eriksson *Åsa Wahlström*
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Sammanfattning

Vilket regelsystem man väljer att installera i ett flerbostadshus har stor inverkan på hur de boendes beteenden kommer att påverka behovet av värme tillförsel. Behovet av värme beror till stor del på om regelsystemet medger att den värme som avges från belysning och eldrivna apparater kan nyttiggöras för uppvärmningsändamål.

I studien görs en simuleringsstudie av en trerums lägenhet som ligger mitt i ett flerbostadshus placerat i Stockholmsområdet. Speciell tonvikt har lagts på att studera hur olika kombinationer av reglerstrategier för radiatorsystemet och de boendes beteenden tillsammans påverkar den totala användningen av värme för uppvärmning.

De reglerstrategier som studerats är:

- Framkoppling med *reglerande* återkoppling: Framledningstemperaturen beror av utetemperaturen och flödet av vatten genom radiatorerna regleras kontinuerligt för att konstanthålla rumstemperaturen
- Framkoppling med *maxbegränsande* återkoppling: Framledningstemperaturen beror av utetemperaturen och flödet av vatten genom radiatorerna är konstant så länge rumstemperaturen understiger en viss nivå.
- Framkoppling utan återkoppling: Framledningstemperaturen beror av utetemperaturen och flödet av vatten genom radiatorerna är konstant

Studien tydliggör några av de faktorer som de boende inte har kontroll över och som i ogynnsamma fall kan resultera i en hög energianvändning. Två av dessa faktorer som påverkar energianvändningen, men som inte är kopplat till beteendet är lägenhetens orientering och radiatorsystemets framledningstemperatur. De olika reglerstrategierna är mer eller mindre känsliga för dessa faktorer.

Studien tydliggör några av de faktorer som de boende inte har kontroll över och som i ogynnsamma fall kan resultera i en hög energianvändning. Två av dessa faktorer som påverkar energianvändningen, men som inte är kopplat till beteendet är lägenhetens orientering och radiatorsystemets framledningstemperatur. De olika reglerstrategierna är mer eller mindre känsliga för dessa faktorer.

Basen i studien är en beräkning av den totala energianvändningen vid variation av följande tre parametrar:

- Fyra beteendeprofiler
- Orientering av lägenheten i fyra väderstreck
- Tre regleralgoritmer

Varje enskild beteende profil består av ett antal delprofiler. Av dessa special-studerades fönstervädningen och användningen av hushållsapparater i en extra parameterstudie.

De tre reglerstrategier som studerats hade alla framkoppling, dvs temperaturen på det vatten som tillförs radiatorerna styrs mot utomhustemperaturen. Reglerstrategierna är känsliga för val av framledningstemperatur och hur man väljer att styra den mot utomhustemperaturen. För att ge en bild av vilken effekt olika framledningstemperaturer har på den totala energianvändningen gjordes ytterligare en extra parameterstudie.

Lägenhetens orientering antogs ha stor inverkan på energianvändningen, för att särskilja denna från de boendes beteenden genomfördes en särskild simuleringsomgång för alla fyra väderstreck och de tre reglerstrategierna utan några boende i lägenheten.

De beteende faktorer som har störst inverkan på värmeanvändningen är fönstervädring och användning av hushålls apparater. En energieffektiv reglerstrategi skall inte påverkas av fönstervädringen samtidigt som den nyttiggör en stor del av det värme som alstras av hushållsapparater.

Ur studien av inverkan av vädringsprofil och internlast (hushållsel, solinstrålning och värmeavgivning från personer) kan man dra slutsatsen att den *max begränsande* reglerstrategin och strategin med *konstant flöde* tål ogynnsam fönstervädring bäst, medan den reglerande strategin kan dra nytta av höga internlast.

För att studera solinstrålningens inverkan, gjordes en studie med en lägenhet utan boende. Den studien visade att den *reglerande* strategin var mycket känslig för förändringar i solinstrålningen och därmed byggnadens orientering. Den högsta värmeanvändningen var mer än dubbelt så hög (220 %) mot den lägsta för olika orientering på lägenheten. Det måste dock påpekas att den reglerande strategin hade så väl högst som lägst energianvändning jämfört med de andra reglerstrategierna.

Framledningstemperaturen visade sig vara en parameter med olika stor inverkan på energianvändningen beroende på val av reglerstrategi. Det visade sig att den *reglerande* reglerstrategin inte var speciellt känslig medan den *maxbegränsande* och strategin med *konstant flöde* gav mycket högre energianvändning vid hög framledningstemperatur.

Om det endast är möjligt att använda en framledningstemperatur är det möjligt att som allmän slutsats säga att ju större systemet är desto större anledning att använda den *reglerande* strategin. Vid små bostadsbestånd i bestämda orienteringar kan det räcka med framkoppling, eventuellt kompletterad med *maxbegränsande* radiatortermostater. Det sistnämnda beror på att det är möjligt att välja en ”optimal” framledningstemperatur.

Den *reglerande* strategin var mycket känslig för förändringar i lägenhetens orientering och registrerades för så väl högst som lägst energianvändning.

Den *maxbegränsande* reglerstrategin och strategin med *konstant flöde* tål ogynnsam fönstervädring bäst, medan den reglerande strategin kan dra nytta av höga internlast.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Beteendets inverkan på energianvändningen	2
1.4	Reglerstrategier	2
1.5	Genomförande	3
2	Lägenhetsmodell	5
2.1	Yttre utformning	5
3	Hushållens betenden	7
3.1	Beskrivning av förutsättningar för tvåbarns familj	8
3.2	Beskrivning av förutsättningar för pensionärs par	8
3.3	Användning av apparater och övrigt beteende	9
3.3.1	Frys och kylskåp	9
3.3.2	Tvätt	9
3.3.3	Disk	9
3.3.4	Matlagning	10
3.3.5	Diverse apparater	10
3.3.6	Fönster	10
3.3.7	Dörrar	11
3.4	Jämförelse mellan spara och slösa beteende för tvåbarns familj	11
3.5	Jämförelse mellan spara och slösa beteende för pensionärs par	12
4	Reglerstrategier	15
4.1	Reglerande	16
4.2	Max begränsande	16
4.3	Konstant flöde	17
5	Resultat	19
5.1	Framledningstemperaturens inverkan på energianvändningen	19
5.2	Inverkan av vädringsprofil och internlast	20
5.3	Energianvändning för en tom lägenhet	22
5.4	Sammanställning av simuleringsresultat	23
5.5	Utnyttjande av interngenererat värme	24
5.5.1	Gratisvärmeutnyttjande	24
5.5.2	Självtäckningsgrad	24
6	Diskussion	27
6.1	Inverkan av orientering	27
6.2	Inverkan av beteende	27
6.3	Synpunkter på val av reglerstrategi	28
6.4	Jämförelse med andra studier	28

7	Slutsats	31
8	Förklaringar	33
9	Nomenklatur	37
10	Referenser	39

Bilagor:

Beteendeprofiler	Bilaga A
Familj, allmänt	2
Familj, slösa	5
Familj, spara	10
Pensionsärspar, allmänt	14
Pensionärspar, slösa	17
Pensionärspar, spara	22
Lägenhetsmodell	Bilaga B
B.1 Yttre utformning	1
B.2 Radiatorsystem	2
B.3 Ventilationssystem	3
B.4 Klimat	3
B.4.1 Utetemperatur	3
B.4.2 Korrigering för årlig energianvändning	5
B.4.3 Solinstrålning	5
Sammanställning av simuleringsresultat	Bilaga C
C.1 Grundläggande simuleringsomgång	1
C.2 Inverkan av vädringsprofil och internlast	3
C.3 Energianvändning för en tom lägenhet	6

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Av Sveriges totala energianvändning åtgår 40% för uppvärmning, varmvatten och drift av våra bostäder och lokaler. Knappt 18 % av vår totala energianvändning åtgår till uppvärmning och produktion av varmvatten till enbart bostäder. Hushållselen motsvarar ca 13% av vår totala elanvändning (Stem 2000).

Energianvändningen i bostäder varierar mycket. Studerar man ett antal liknande bostäder kan den högsta energianvändningen vara dubbelt så stor som den lägsta (Dyrstad 1997). Andra studier redovisade av Cathy Mullaly (1999) visar på att beteendet hos hushållen motsvarar mellan 18-26 % av variationerna i energianvändningen. I samma artikel redovisas också studier som visar att feedback till användaren kan sänka energianvändningen med mellan 5 och 30%. Detta är i linje med resultat redovisade av Henryson och Håkansson (1998). Gaunt (1985) visade i en studie att det genom att förändra de boendes vanor fanns en energibesparingspotential på 10-20 %. De två sistnämnda studierna redovisas tillsammans med ett stort antal liknande, i studien ”Mänskliga dimensioner vid Energianvändning” av Anna Ketola (2000) som är en sammanställning av beteendevetenskapliga studier angående energianvändning i bostäder.

På många håll utreds individuell värmemätning i bostadsfastigheter. Anledningen är att energianvändningen förväntas minska om de boende ser och får betala för sin egen energianvändning. Frågan är om skillnaden i energianvändning inom ett bostadsbestånd helt kan tillräknas de boendes beteende? Finns det andra faktorer utanför de boendes kontroll, som gör att just hans bostad och beteende missgynnas? Denna rapport belyser några av dessa faktorer t ex byggnadens orientering och radiatorsystemets framledningstemperatur som kan ge några svar på den frågan.

Då man använder simuleringsprogram för att uppskatta den årliga energianvändningen i ett bostads hus är det viktigt att ge en korrekt bild av hushållens beteende. Denna rapport ger exempel på olika tänkbara beteendeprofiler.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka några av de parametrar som påverkar energianvändningen i flerbostadshus, och försöka identifiera den reglerstrategi som passar bäst till ett visst beteende. I studien delas beteendet in i ett spara respektive ett slösa beteende. Detta görs för två sammansättningar av hushåll, ett pensionärspar och en tvåbarns familj. Reglerstrategierna (se kapitel 5) i denna studie är begränsade till framkoppling med *reglerande* återkoppling, framkoppling med *maxbegränsande* återkoppling och framkoppling utan återkoppling, dvs. med *konstant flöde*.

1.3 Beteendets inverkan på energianvändningen

Energimedvetenheten och energianvändningen beror bl a på social-psykologiska faktorer. I en engelsk studie beskrivs hur utbildningsnivå och samhällsklass inverkar på hushållens energianvändning (Mansouri et al 1996). Exempel på den formella utbildnings nivåns betydelse är att de med hög utbildning i mycket större utsträckning köper energieffektiva lampor och andra energieffektiva apparater. I studien framkommer också att det finns en klar uppdelning mellan olika socio-ekonomiska grupper avseende vilka typer av hushållsapparater de köper, och hur de används. Ekström et al (1996) påpekar i en undersökning angående "livsstil", att elanvändningen vid matlagning beror på vilken fas i "livscykel" familjen befinner sig i.

Det finns även stora kulturella skillnader, i en studie jämförs hushållens energianvändning i Japan och Norge (Wilhite et al 1996). Skillnaderna gällde främst belysning, uppvärmning och bad/dusch rutiner.

Fönstervädningen har en avgörande betydelse för simuleringsresultaten, vilket understryks av Jensen (1983). Vådringsbeteendet finns beskrivet av Widegren-Dafgård (1980, 1982, 1983).

1.4 Reglerstrategier

Under 1980 talet gjordes ett antal studier om reglerstrategier för uppvärmningssystem i flerbostadshus, Jensen (1982, 1983), Hedin (1989). Dessa studier behandlar energianvändningen vid olika reglerstrategier med framkoppling av utomhustemperaturen och återkoppling av inomhustemperaturen. Under samma tidsperiod genomfördes studier av inomhustemperaturen i bostäder. Widegren-Dafgård (1983) jämför t ex temperaturen i bostäder med och utan radiator-termostater. Under slutet av 1990-talet har ytterligare ett antal studier om radiator-system genomförts, Petersson (1998) och Trüchel (1999). Den senare behandlar hur regleringen av ett radiatorsystem påverkas av störningar och avvikelser från det dimensionerande fallet.

Den vanligaste styrstrategin i flerbostadshus är system med konstant vattenflöde med reglering av framledningstemperaturen efter utetemperaturen (framkoppling utan återkoppling). I nybyggda hus installeras dock alltid radiatortermostater vilket innebär att man får ett regelsystem med framkoppling och återkoppling. I detta projekt skall förutom den först nämnda strategin, strategier med reglerande respektive maxbegränsande radiatortermostater studeras.

Lämpligt val av reglerstrategi kan bero på bl.a. hur de boende genom sitt beteende motverkar systemets förutsättningar för att fungera på avsett sätt. Exempel är benägenheten att vädra ut värme vid höga temperaturer, att olika strategier ger olika förutsättningar för övertemperatur i samband med orientering/soltillskott etc.

1.5 Genomförande

I studien simuleras en tre rums lägenhet som ligger mitt i ett flerbostadshus placerat i Stockholmsområdet. Speciell tonvikt har lagts på att studera hur olika kombinationer av reglerstrategier och de boendes beteenden tillsammans påverkar den totala användningen av värme och hushålls el. Beteendet har delats in i ett spara respektive ett slösa beteende för två olika hushållssammansättningar, ett pensionärspar och en tvåbarns familj. De reglerstrategier som studerats är framkoppling med *reglerande* återkoppling, framkoppling med *maxbegränsande* återkoppling och framkoppling utan återkoppling, dvs. med *konstant flöde*. Simuleringarna är gjorda med SPber vilket är ett simuleringsprogram baserat på SPsim. SPsim är ett program utvecklat på Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) för realtidsstudier av olika reglersystem (Fahlén 1996).

Basen i studien är en beräkning av den totala energianvändningen uppdelad på el och värme då följande tre parametrar varierades. Energianvändningen för beredning av tappvarmvatten studeras inte i det här projektet.

- Fyra beteendeprofiler
- Orientering av lägenheten i fyra väderstreck
- Tre regleralgoritmer

Förutom ovanstående gjordes en parameterstudie för att särskilja inflytandet från de olika parametrarna från varandra. Framför allt var det viktigt att separera de parametrar som ingår i de olika beteende mönstren från varandra. De parametrar som specialstuderades var:

- Fönstervädring
- Hushållsapparater
- Solinstrålning/Lägenhetens orientering
- Framledningstemperatur

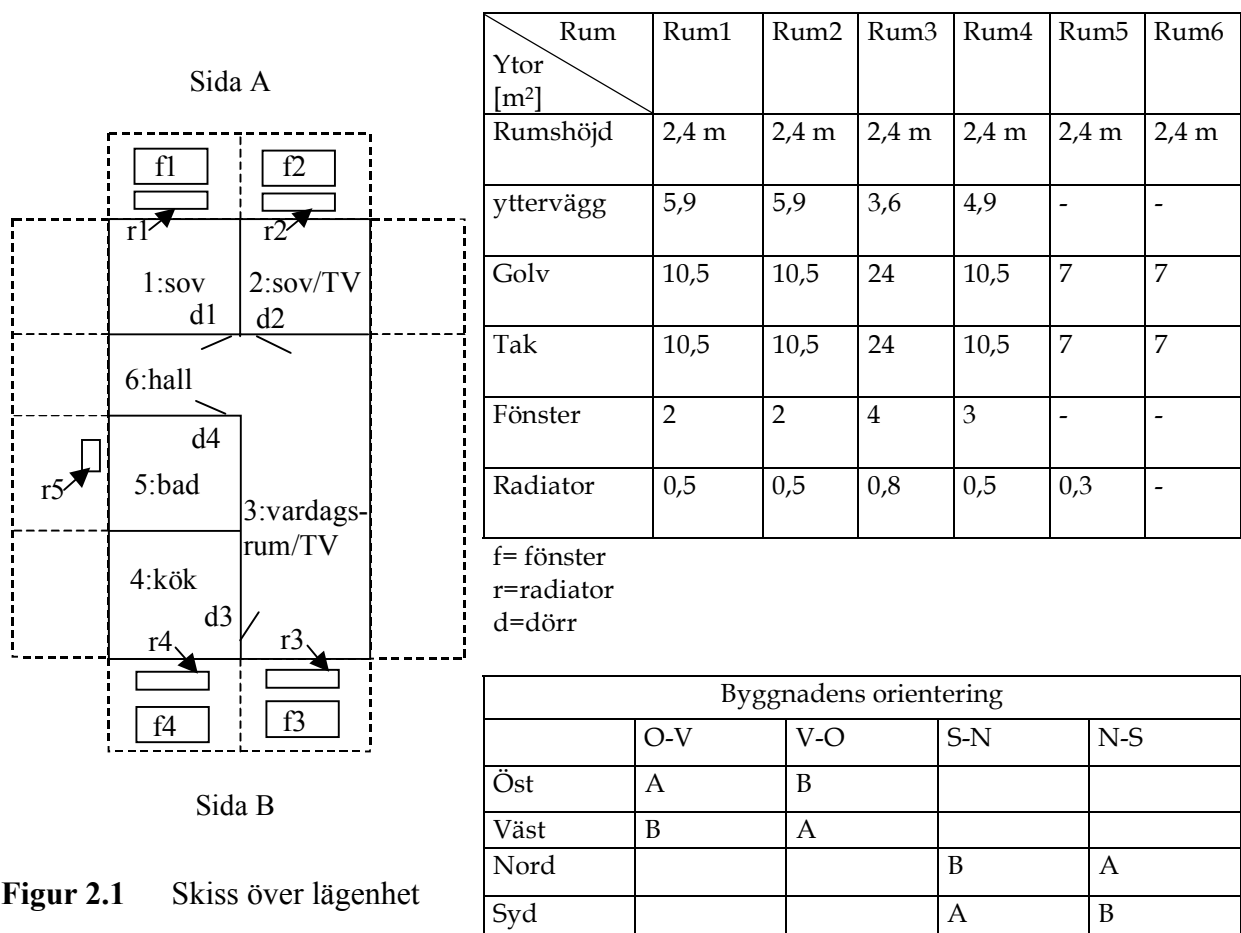
2 Lägenhetsmodell

I detta kapitel ges en kortfattad beskrivning av den simuleringsmodell som studien baseras på. En mer övergripande beskrivning ges i bilaga B. Vid utformning av lägenheten har tanken varit att efterlikna en typ som är vanlig i det svenska bostadsbeståndet.

2.1 Yttre utformning

Den studerade lägenheten består av tre rum och kök. Rum 1 och 2 används som sovrum, rum 3 som vardags rum, rum 4 som kök, rum 5 som badrum och slutligen rum 6 som hall. Lägenheten är på totalt 70m² (10 x 7 m)

Tabell 2.1 Beskrivning av lägenhetens ytor och orientering



Figur 2.1 Skiss över lägenhet

Sovrummet, hallen, badrummet och köket har ena sidan vänd mot ett trapphus medan rummen vardagsrummet och sovrum/arbetsrum har sin ena sida mot en liknande lägenhet. På andra sidan de lägenhetsskiljande väggarna är temperaturen satt till fixt 20 °C. Temperaturen på undersida golvbjälklag har satts lika med temperaturen på undersida takbjälklag och ovasida takbjälklag har satts lika med ovasida golvbjälklag.

Uppvärmningen sker med ett vattenburet radiatorsystem och ventilationen med ett frånluftssystem

Klimatet i SPber består av 12 representativa dagar som var och en skall representera en månad, se bilaga B för en utförligare beskrivning av klimatet. Dagarna är uppdelade på fyra perioder, sommar, höst, vinter och vår där varje period har två vardagar med samma mönster och en helgdag.

För att bedöma den årliga energianvändningen baserat på simuleringar med SPsim måste de simulerade värdena räknas om enligt ekvation 2.1.

$$E_{\text{år}, radiator} = 27 \cdot E_{\text{sim}, radiator} \quad \text{ekv 2.1}$$

Detta värde är härlett ur skillnaden i gradtimmar mellan det simulerade året antal gradtimmar som anges i VVS-handboken för Stockholm. Energianvändningen för de interna lasterna fås enligt ekvation 2.2.

$$E_{\text{år}, \text{int ernlast}} = 30,41 \cdot E_{\text{sim}, \text{int ernlast}} \quad \text{ekv 2.2}$$

där faktorn 30,41 är kvoten mellan antal dagar under ett år och antal simulerade dagar.

3 Hushållens beteenden

För att simulera olika beteenden hos de boende i lägenheten har ett antal beteendeprofiler tagits fram. De delar av beteendet som påverkas är öppning av fönster och dörrar, användning av belysning och elektriska apparater i de olika rummen (internlast), hur många personer som befinner sig i varje rum och om spiskåpan står i forcerat läge eller inte. Nedan beskrivs summan av interlast och personlast (figur 3.3 och 3.6), samt fönstervädringsprofiler för fönster 1 och 4 (figur 3.1, 3.2 och 3.4, 3.5) för att exemplifiera skillnaderna mellan de olika profilerna. Alla profiler finns samlade i bilaga A.

Lägenhetsmodellen har en funktion inbyggd som gör att fönster tvångsmässigt kan hållas öppna eller stängda för att undvika för låg eller för hög temperatur i rummen. Om temperaturen i ett rum faller under 18°C kan inte fönstren öppnas förrän en timma efter det att temperaturen åter stigit över 18°C. Om rummets temperatur överstiger 25°C kommer fönstret i rummet öppnas även om profilen anger att det skall hållas stängt. En förutsättning är dock att någon befinner sig i lägenheten. De olika temperaturerna för automatisk öppning och stängning av fönstren kan väljas av den som genomför simuleringarna.

Man kan ställa in en temperatur när pumpen som tillhör radiatorsystemet skall starta och stoppa. I detta fall börjar radiatorsystemet att leverera värme då utomhustemperaturen är lägre än 12°C.

Fyra olika familjer studeras; ett spara och ett slösa pensionärspar samt en spara och en slösa barnfamilj.

Användning av elenergi för tvätt, matlagning, kyl och frys och personlast är samma för sommar, höst, vinter, och vår perioderna medan användning av elenergi för belysning är låg under sommarperioden. Fönstervädring sker med långa tider på sommaren, något kortare på våren och hösten och kortast på vintern. Internlasten eller den värme som avges från en person är 100 W för vuxna och 80 W för barn.

I tabell 3.1 redovisas den årliga elanvändningen för de olika beteende profilerna. All el som används kommer inte lägenheten tillgodo som värme, utan en del försvinner direkt bort från lägenheten. I de beteende profiler som redovisas i bilaga A anges den del av elenergin som kommer lägenheten tillgodo som värme. Vill man veta den totala elanvändningen måste man lägga till värdena ur tabellen

Tabell 3.1 Årlig hushållselanvändning.

	Pensionärspar		Barnfamilj	
	Spara	Slösa	Spara	Slösa
Total elanvändning kWh/år m ²	20,3	58,2	21,2	58,9
Den del av elanvändningen som tillförs lägenheten som värme, kWh/år m ²	16	47	16	42
Sen del av elanvändningen som inte tillförs lägenheten som värme, kWh/år m ²	4,3	11,2	5,2	16,9

Hushållen har en årlig energianvändning på ca 1400 kWh respektive 4100 kWh för spara respektive slösa beteendena. Detta stämmer väl med en enkätundersökning av energiförbrukningsvanor för 1000 hushåll i Storbritannien (65% svarsrespons) gjord av Mansouri et al. (1996). Årsförbrukningen för de brittiska hushållen varierade mellan 1600 och 9700 kWh med ett medel på 4460 kWh. Visserligen är den högsta förbrukningen som redovisas i ovanstående studie mer än dubbelt så stor som slösa hushållens elanvändning i denna studie. En anledning till detta är att vi har valt att låta slösa hushållen använda sig av relativt el-effektiva apparater då det skett en stor förbättring avseende apparaters el-effektivitet de senaste åren.

Att förbrukningen blir ungefär samma för det sparande respektive slösande pensionärsparet och för den sparande respektive slösande barnfamiljen beror på att den ena pensionären är hemma hela dagen medan barnfamiljen är borta, samt att beteendet inte går att variera mer även om personantalet ökar eftersom ytan är begränsad (det går bara att tända ett visst antal lampor).

Profilerna före de två hushållssammansättningarna är utformade så att den totala personlasten är lika för spara och slösa fallen (tabell 3.2). Energianvändningen för fläktar och pumpar ligger runt 8 kWh/m², men varierar beroende på uppvärmningsbehovet.

Tabell 3.2 Sammanställning av den del av internlasten som kommer från personer för de olika beteende profilerna uttryckt i kWh/m² år

	Pensionärspär		Barnfamilj	
	Spara	Slösa	Spara	Slösa
Från personer	22	22	33	33

3.1 Beskrivning av förutsättningar för tvåbarns familj

Familjen består av två vuxna som sover i rum 1 och två barn som sover i rum 2. På vardagar lämnar familjen huset klockan 8 och 1 vuxen och barnen återvänder klockan 16. Den andra vuxna kommer hem klockan 5 och barnen har en kompis på besök mellan 16 och 18. De vuxna sover i rum 1 och barnen i rum 2. Rum 3 är TV/allrum.

3.2 Beskrivning av förutsättningar för pensionärs par

Familjen består av två vuxna där den ena har aktiviteter utanför hemmet mellan 7 och 16 varje vardag medan den andra personen är hemma förutom två timmar på eftermiddagen. På helgerna har familjen besök av två personer i 3 timmar. Rum 1 används som sovrum och rum 2 som TV/all rum medan rum 3 är vardagsrum.

3.3 Användning av apparater och övrigt beteende

3.3.1 Frys och kylskåp

Spara familjen och pensionärsparet har kyl och frys av klass A som tillsammans drar 50 W året runt medan slösa familjen och pensionärsparet har klass B som tillsammans drar 70 W året runt. Hushållens kyl och frys är stora och frysen är på 233 liter och kylskåpen är på 309 respektive 328 liter. Uppgifterna är hämtade ur Eleffektiva kylar och frysar (1998). Dessa apparater är alla relativt energieffektiva, en äldre frys eller ett äldre kylskåp kan ha ett effektbehov upp till 3 gånger större. De energieffektiva apparaterna har valts eftersom val av reglerstrategier kommer till störst användning vid renovering eller nybyggnad av flerbostadshus.

3.3.2 Tvätt

Slösa hushållen har tvättmaskin och torktumlare medan spara hushållen använder fastighetens gemensamma tvättmaskin och torktumlare. En barnfamilj beräknas tvätta 364 tvättar/hushåll, år vilket är fördelat enligt följande:

- 10% 90°C -tvätt med i genomsnitt 2,9 kg tvätt/maskin
- 40% 60°C -tvätt med i genomsnitt 2,5 kg tvätt/maskin
- 50% 40°C -tvätt med i genomsnitt 2,0 kg tvätt/maskin

Siffrorna baseras på en total förbrukning av 175 kg tvätt/person, år och är hämtade ur Lövehed (1995). Denna siffra stämmer väl överens med årlig tvätt angiven i Svensson och Kåberg, (1991). Fördelningen av tvättemperaturer stämmer också väl överens med Mansouri et al. (1996) liksom uppgiften att 2 vuxna och två barn tvättar 7,4 tvättar i veckan. En energisnål tvättmaskin från 1991/92 förbrukar vid 90°C -tvätt 0,5 kWh/kg tvätt. Vid 60°C -tvätt antas den förbruka 70% av 90°C förbrukningen och för 40°C -tvätt 50% (Lövehed, 1995).

Detta ger en genomsnittlig förbrukning av 0,74 kWh/(tvätt, dag) för slösa familjen medan slösa pensionärsparet antas tvätta en sådan tvätt varannan vardag. 20% av tvättenergin kan anses bli spillvärme enligt Svensson och Kåberg, (1991). På årsbasis anger Svensson och Kåberg, (1991) att det är 10% som blir spillvärme vilket stämmer väl med Amnell (1997) som har simulerat att nyttig energi bli 12%.

Hälften av tvätten antas torktumlas vilket stämmer någorlunda med Mansouri et al. (1996). Torktumlaren antas vara en eleffektiv sådan från 1991/92 med en förbrukning på 0,7 kWh/kg tvätt (Lövehed, 1995).

Då torktumlaren som används i denna studie inte har någon återvinning kommer 10% av torktumlarens energi förbrukning blir värme som tillförs lägenheten Svensson och Kåberg, (1991).

3.3.3 Disk

Slösa pensionärsparet och slösa barnfamiljen har en liten diskmaskin som är både el- och vattensnål och förbrukar 0,18 kWh/kuvert (Svensson och Kåberg, 1991). Enligt Lövehed (1995) diskas en familj på fyra personer diskas 8 kuvert/dag. Ett

pensionärspår på två personer diskar därmed analogt 4 kuvert/dag. Dessa uppgifter stämmer väl överrens med Mansouri et al. (1996) som redovisar en studie där 42% av de tillfrågade hade diskmaskin och över hälften av dem diskade minst en gång per dag. Även här kan en äldre diskmaskin dra betydligt mer energi. Ungefär 20% av diskmaskinens energi kan tillgodogöras som spillvärme (Svensson och Kåberg, 1991). Spara familjerna antas diska för hand och all värme antas försvinna med avloppsvattnet och kan därmed inte tillgodogöras som värme.

3.3.4 Matlagning

En normalfamilj förbrukar 700-1000kWh/år för matlagning Svensson och Kåberg, (1991) medan Lövehed (1995) anger ett värde på 568 kWh/år. Med utgångspunkt av detta har spara familjen en årsförbrukning på 529 kWh, slösa familjen har 818 kWh, spara pensionärsparet 411 kWh och slösa pensionärsparet 669 kWh. Spisplattornas effekt har fördelats med hög effekt 400 W/platta de första 15-30 minuterna och sedan med eftervärme på 90 W under ca 1,5 timmar eftersom spismaterialet lagrar värmen en stund innan den avges till rummet. 30% av spisens energi kan tillgodogöras som värme i lägenheten (Svensson och Kåberg, 1991). Ugnen har en effekt på 1090 W och 53% av energin kan bli nyttig värme (Amnell,1997). Kaffebryggarens effekt är 100 W (Svensson och Kåberg, 1991) och 30% blir värme som tillförs lägenheten.

3.3.5 Diverse apparater

Slösa hushållen har akvarium på 100W dagtid, telefonsvaren 20 W dator 100 W dammsugare 1100W och strykjärnet 100W (Svensson och Kåberg, 1991). Köksfläkten är på en halvtimme vid matlagning för spara-hushållen och en timme för slösa-hushållen.

3.3.6 Fönster

Fönstervädningen beskrivs genom att ange fönstrens öppningsgrad, med denna menas kvoten mellan verklig öppnings area och fönstrets yta.

Sovrummen vädras på morgonen och TV/allrummen på kvällen. Dessutom vädrar pensionärsparen vardagsrummet på helgerna. Slösa hushållen har alltid sovrumsfönstret i rum 1 på glänt. Fönstret i köket öppnas vid matlagning av lunch och middag. Spara hushållen vädrar i samtliga fall i 4 minuter med ett rejält öppet fönster (En öppningsarea som motsvar 40% av fönsterytan) medan slösa hushållen vädrar med mindre öppning och i 1 timma på sommaren, en halv timma på vår och höst och en kvart på vintern.

En enkätundersökning av 80 hushåll i Stockholm (80% svarsfrekvens) har visat att 66% av hushållen vädrar i stort sett varje dag under mer än en timme i ett eller flera av bostadens rum (Widegren-Dafgård, 1982). På vintern förekommer denna typ av vädring i 34% av hushållen. Endast 5% vädrar inte vanemässigt. Under vår och höst vädrar 44% i mer än en halvtimme. Undersökningen stämmer väl överens med vädringsbeteendet för spara och slösa hushållen.

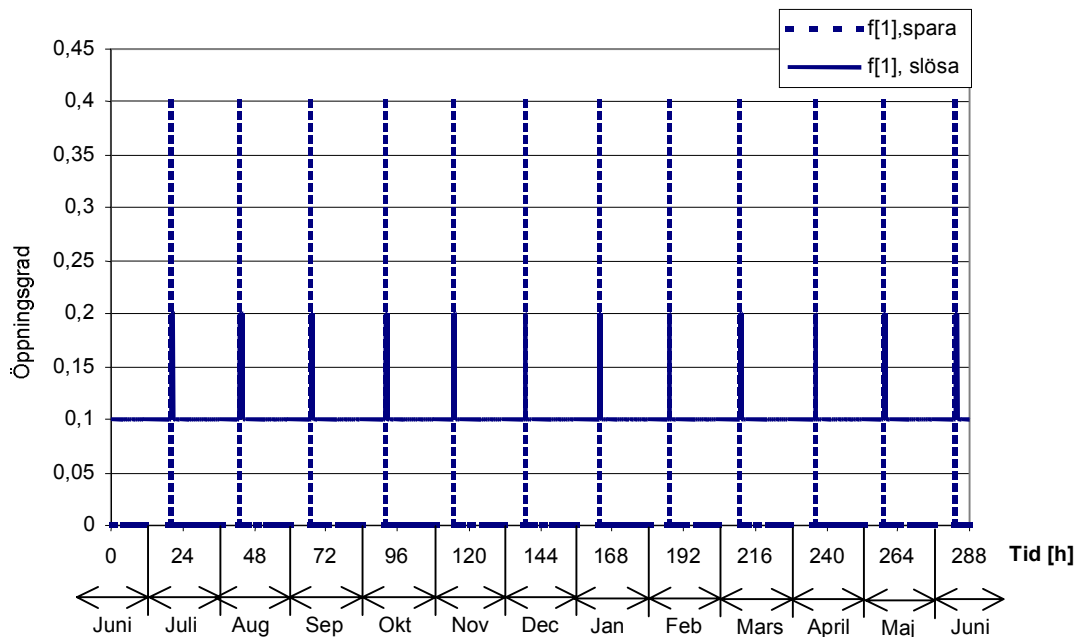
Samma enkätundersökning konstaterade också att orsaken är i de flesta fall att man önskar få bort dålig lukt medan vädring pga av för hög inomhustemperatur är mindre omfattande. Därav vädrar spara och slösa hushållen regelbundet efter det att de har vistats en längre tid i ett rum eller då de lagar mat. Dessutom tillkommer vädring vid höga rumstemperaturer vilket är beskrivet i andra stycket i Kapitel 4.

3.3.7 Dörrar

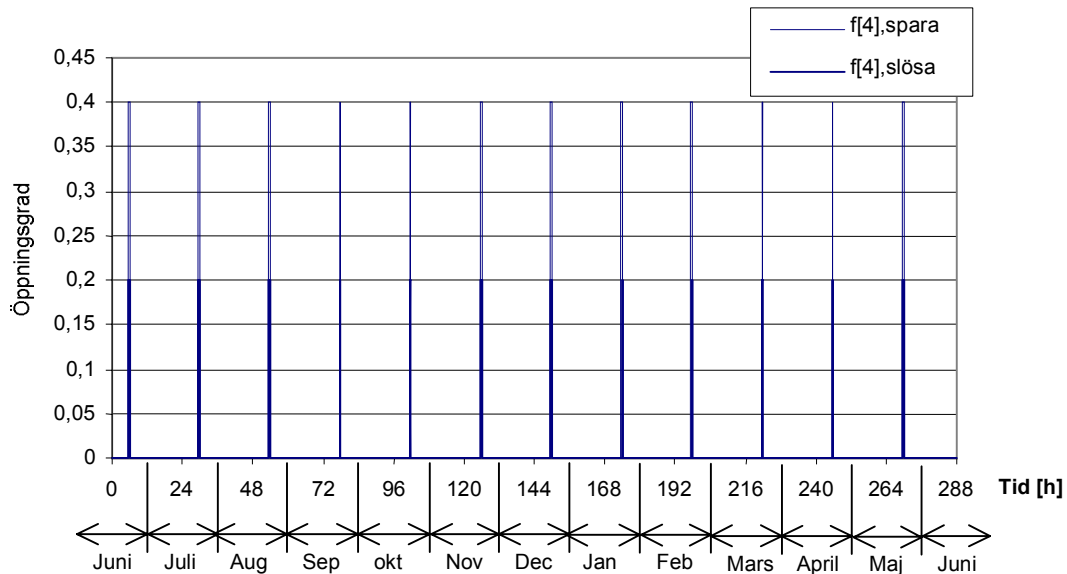
Dörrarna till sovrummen är stängda på natten och barnens dörr är stängd då de har en kompis på besök. Dörren till köket stängs vid matlagning. Dörren till toaletten är stängd då någon är där, annars står den på glänt.

3.4 Jämförelse mellan spara och slösa beteende för tvåbarns familj

Den del av beteendet som spelar störst roll för energianvändningen, är vädringsbeteendet. I figur 3.1 och 3.2 nedan redovisas vädringsprofilerna för slösa och spara familjerna för ett sovrum och köket. Varje dygn redovisas från klockan 12 mitt på dagen till klockan 12 dagen efter.

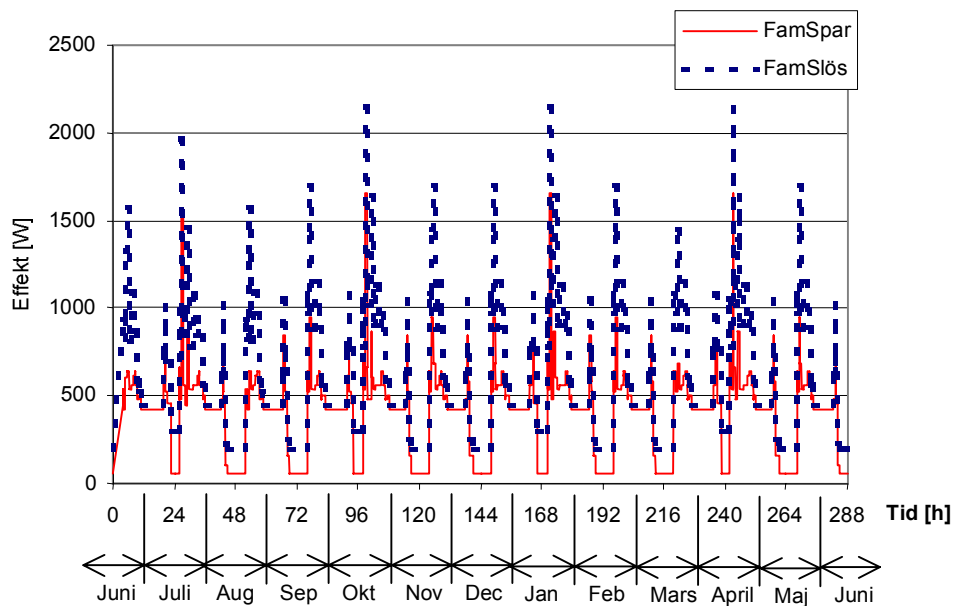


Figur 3.1 Profil för fönsteröppning i rum 1 (sovrum) för spara respektive slösa familj.



Figur 3.2 Profil för fönsteröppning i kök för spara respektive slösa familj.

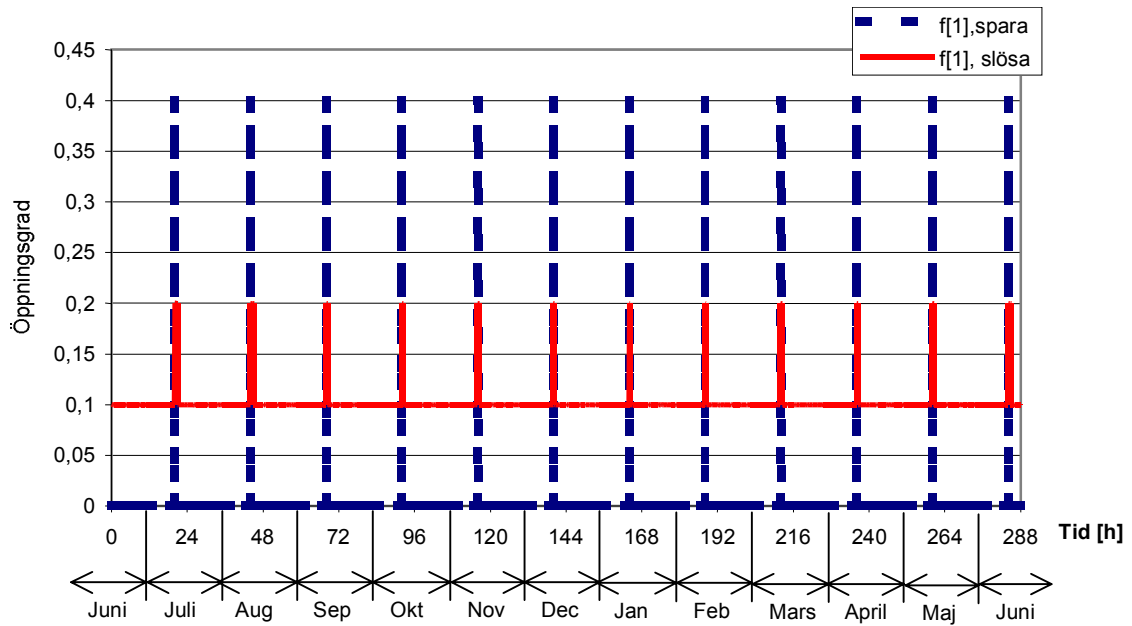
I figur 3.3 nedan redovisas den totala internlasten för spara respektive slösa familjen.



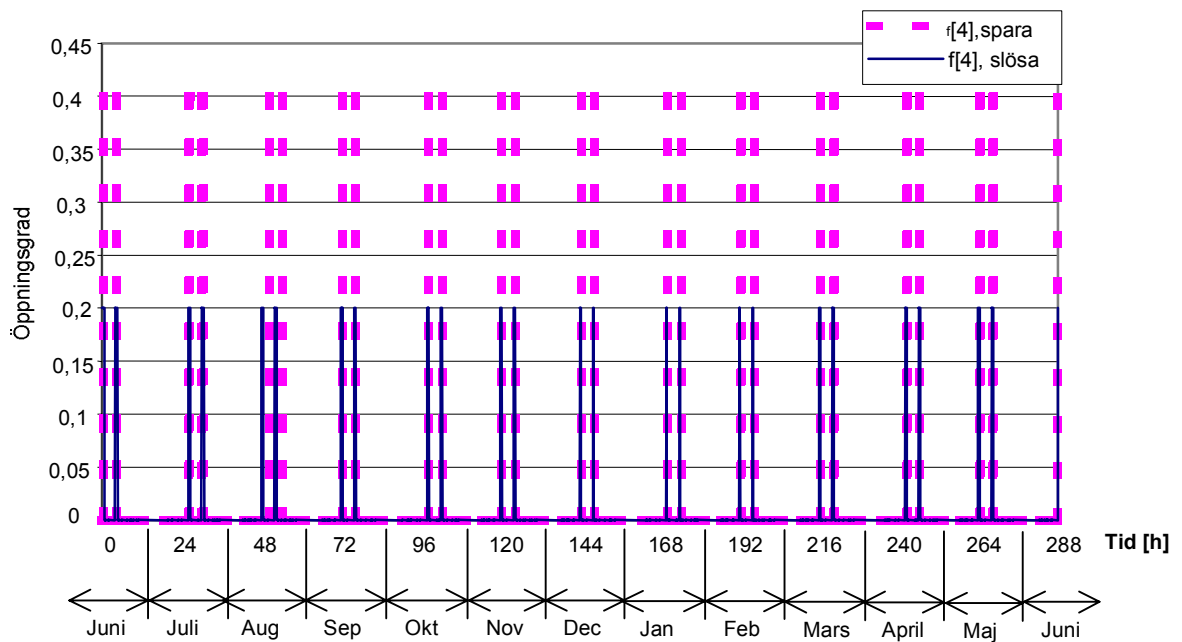
Figur 3.3 Jämförelse mellan total internlast (inklusive personlast), för spara och slösa familj.

3.5 Jämförelse mellan spara och slösa beteende för pensionärs par

Den del av beteendet som spelar störst roll för energianvändningen, är vädringsbeteendet. I figurerna 3.4 och 3.5 nedan redovisas hur pensionärsparet vädrar i ett sovrum och köket.



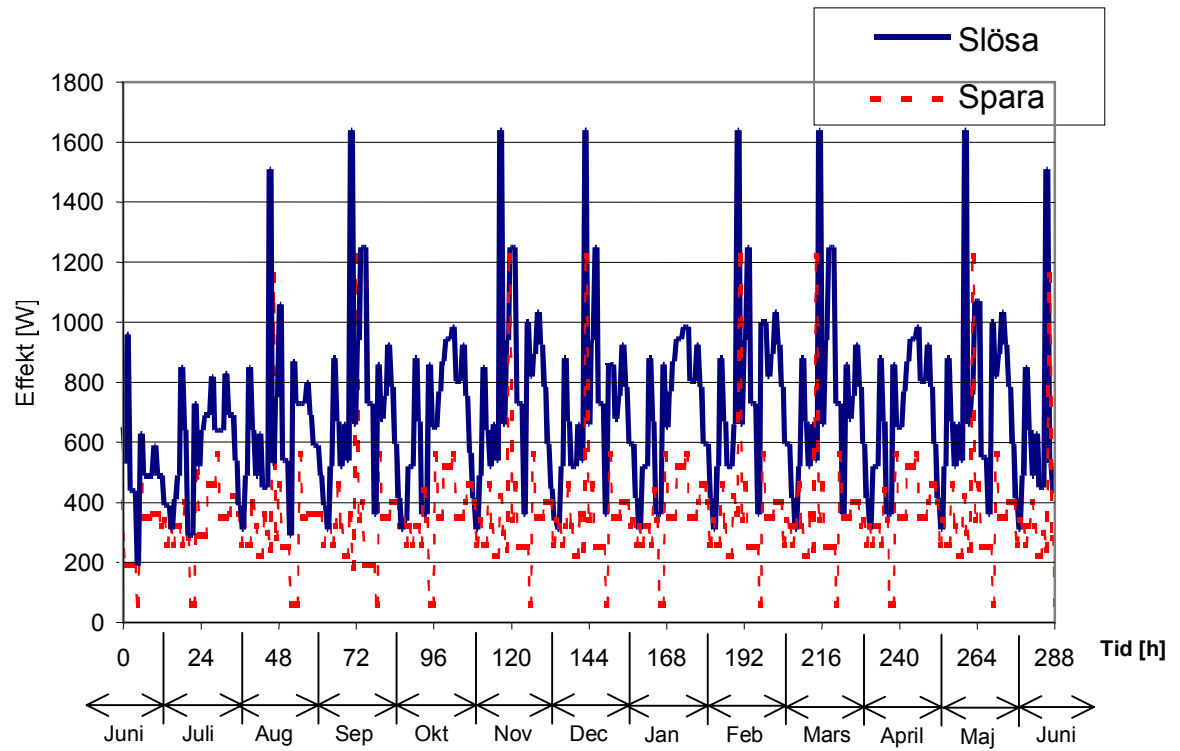
Figur 3.4 Profil för fönsteröppning i rum 1 (sovrumsrum) för spara respektive slösa pensionär



Figur 3.5 Profil för fönsteröppning i kök för spara respektive slösa pensionär.

Skillnaden mellan spara och slösa profilerna är att spara profilen öppnar fönstren mer vid vädring och att slösa profilen alltid har fönstret på glänt i sovrumsrummen (öppningsgrad 0,1).

I figur 3.6 nedan redovisas den totala interlasten för pensionärsparen.



Figur 3.6: Jämförelse mellan total internlast (inklusive personlast), för spara och slösa pensionär

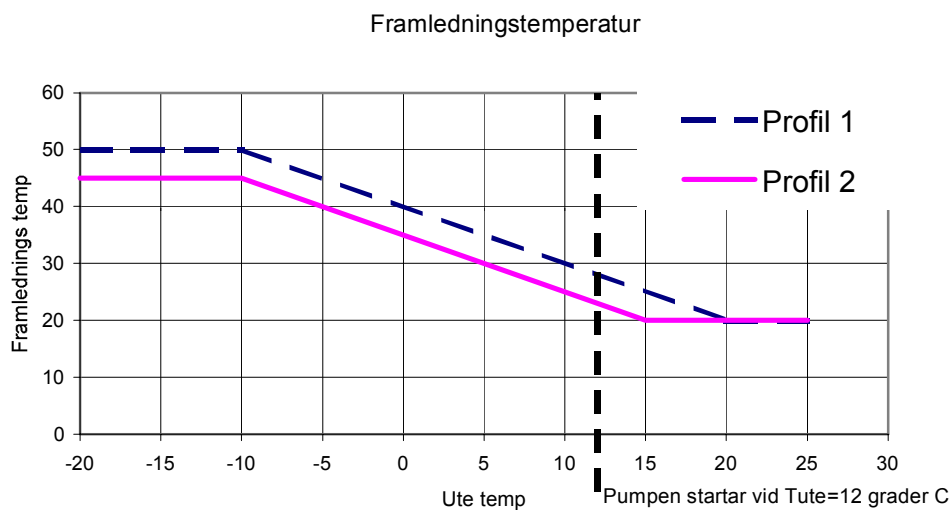
4 Reglerstrategier

Reglerstrategierna som studeras i denna studie är:

- Framkoppling med *reglerande* återkoppling (kap 4.1)
- Framkoppling med *maxbegränsande* återkoppling (kap 4.2)
- Framkoppling utan återkoppling (kap 4.3), dvs. med *konstant flöde*.

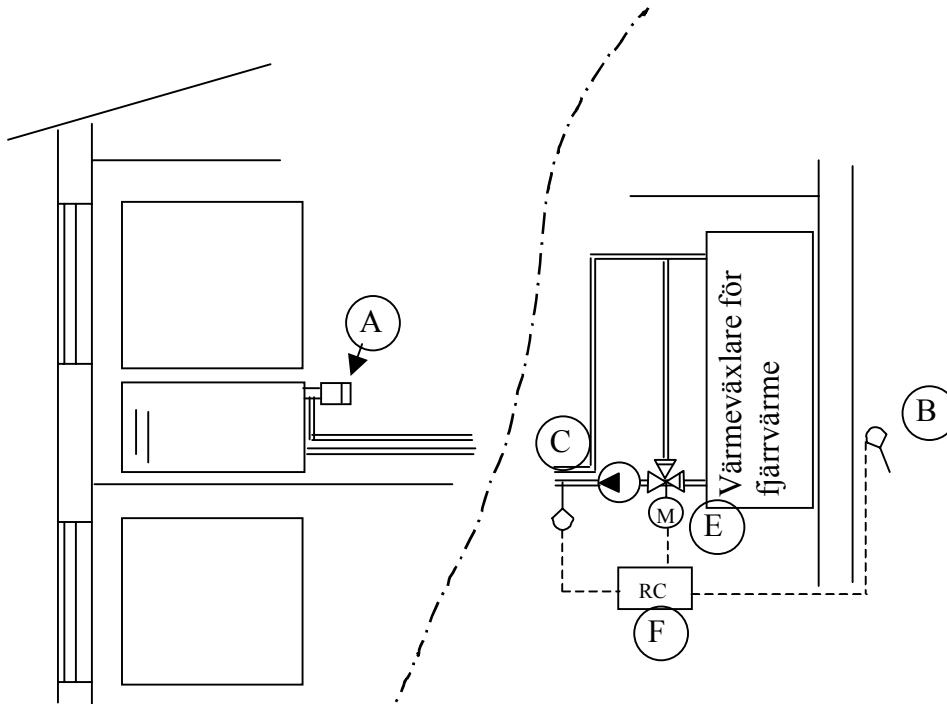
Alla tre reglerstrategier modelleras med samma basalgoritmer (se ekv 4.1). Skillnaderna mellan de olika strategierna beror i praktiken på styrningen av framledningstemperaturen och inställning av radiatortermostaternas börvärde. Framledningstemperaturen styrs mot utomhustemperaturen enligt figur 4.1. Strategin med reglerande radiatortermostater styrs efter profil 1 och de övriga efter profil 2.

I de tre regleralgoritmerna har reglerbandet satts till två $^{\circ}\text{C}$. Detta är ofta det största värde som erhålls då man installerar en verklig termostatreglerad radiatorventil. Detta värde fås endast då ventilen är ostrykt. I praktiken kommer reglerbandet att variera mellan 2 till $0,5^{\circ}\text{C}$ (förstärkningen varierar därmed mellan 1 och 4) beroende på hur mycket man stryker ventilen vid balansering av radiatorsystemet. Liknande effekt fås om man har för hög framledningstemperatur, då ventilen endast kommer att arbeta inom ett litet intervall.



Figur 4.1: Framledningstemperaturen som funktion av ute temperaturen

I figur 4.2 visas ett regelsystem som består av framkoppling med återkoppling. Återkopplingen sker lokalt direkt i rummet vid de enskilda radiatorerna. Radiatortermostaten A känner av rumstemperaturen och varierar flödet till radiatorn så att rätt rumstemperatur erhålls. Framkopplingen går till så att utemtemperaturen mäts med en givare, B. Beroende på utomhustemperaturen kommer reglercentralen F, att försöka konstanthålla framledningstemperaturen som mäts med givare C. I detta fall sker regleringen genom att trevägsventilen, E styrs så att önskad temperatur erhålls vid C. Den önskade framledningstemperaturen bestäms enligt kurvor liknande figur 4.1.



Figur 4.2: Exempel på ett framkopplat system med återkoppling

4.1 Reglerande

Flödet genom radiatorn styrs via en termostatventil placerad vid radiatorns inlopp, se figur 4.2. Termostaten har ett reglerband på två grader enligt

$$U = 0,5(T_{givar e} - T_{set}) \quad \text{ekv 4.1}$$

vilket innebär att om önskad rumstemperatur, $T_{set}=21^{\circ}\text{C}$ kommer maximalt flöde att gå genom radiatorn då termostaten känner temperaturen 19°C och inget flöde vid 21°C . Detta innebär att rumstemperaturen normalt kommer att ligga lägre än den önskade temperaturen T_{set} . Framledningstemperaturen är tillräckligt hög för att tillse att det alltid finns tillräckligt hög effekt tillgängligt (se profil 1 i figur 4.1).

4.2 Max begränsande

Skillnaden gentemot den *reglerande* algoritmen är att framledningstemperaturen är lägre (se profil 2 i figur 4.1) samt att T_{set} är högre. Här är $T_{set}=23^{\circ}\text{C}$ vilket innebär att flödet genom radiatorerna är maximalt upp till rumstemperaturen 21°C . Därefter regleras flödet ner till noll vid 23°C . Framledningstemperaturen styrs så att rumstemperaturen normalt skall bli 20°C då ventilen är helt öppen. Först vid övertemperatur minskas flödet.

4.3 Konstant flöde

Ingen reglering eller *konstant flöde* innebär att radiatorsystemet är injusterat efter dimensionerande fall med hänsyn till interngenererat värme och därefter kommer värmeavgivningen från radiatorerna endast bero på framledningstemperaturen och hur den varierar med avseende på utetemperatur. Detta fås genom att sätta T_{set} till ett mycket högt värde ex 35 °C . Framledningstemperaturen är densamma som för den *max begränsande* reglerstrategin (se profil 2 i figur 4.1).

5 Resultat

I de fyra första avsnitten kommer resultatet från de simuleringar som gjorts inom studien att redovisas. I de första tre avsnitten redovisas olika parameterstudier och i avsnitt 5.4 redovisas en sammanställning över den huvudsakliga simuleringstudien. I avsnitt 5.5 redovisas introduceras begreppet självtäckningsgrad som används för att ytterligare utvärdera resultaten.

5.1 Framledningstemperaturens inverkan på energianvändningen

För att studera hur stor inverkan framledningstemperaturen har på simuleringresultatet genomfördes ett antal simuleringar med olika maximal framledningstemperatur. För att se till att det alltid finns värme tillgängligt genomfördes simuleringarna för det sparande pensionärsparet. Lägenheten orienterades i östvästlig riktning vilket innebär lägst värmestillskott från solen. Radiatorernas energianvändning kan ses i nedanstående tabell. Vid simuleringarna har reglerstrategin med reglerande radiatortermostater 5°C högre framledningstemperatur än de övriga strategierna. Detta beror på att det alltid måste finnas lite extra effekt tillgänglig för att regleringen skall fungera.

Tabell 5.1 Energianvändning för sparande pensionär med lägenheten i östvästlig (ger minst inverkan av solinstrålningen) riktning vid olika reglerstrategier och olika framledningstemperaturer. Inom parentes står lägenhetens medeltemperatur baserad på ytterväggsarea. Den *reglerande* reglerstrategin har fem grader högre dimensionerande temperatur än den *max begränsande* respektive den med *konstant flöde*.

Dimensionerande Framledningstemp	Reglerande [kWh/m ²]	Maxbegränsande [kWh/m ²]	Konstant flöde [kWh/m ²]
60 °C		121 (21,8°C)	129 (22,2°C)
50 °C		102 (20,8°C)	103 (20,9°C)
45 °C		89 (20,2°C)	89 (20,2°C)
65 °C	101 (20,7°C)		
55 °C	98 (20,6°C)		
50 °C	95 (20,4°C)		

Tabell 5.1 ovan visar att framledningstemperaturen har stor inverkan på energianvändningen då de olika regleralgoritmerna används. Då framledningstemperaturen varierar 15 °C varierar energianvändningen 32 kWh/m² då den maxbegränsande strategin används och 40 kWh/m² vid konstant flöde. Den regleralgoritm som är minst känslig avseende framledningstemperaturen är den reglerande vars energianvändning endast varierar med 6 kWh/m². Vid rätt val av framledningstemperatur kan i gynnsamma fall den maxbegränsande regleralgoritmen samt strategin med konstant flöde ge lägst energianvändning.

5.2 Inverkan av vädringsprofil och internlast

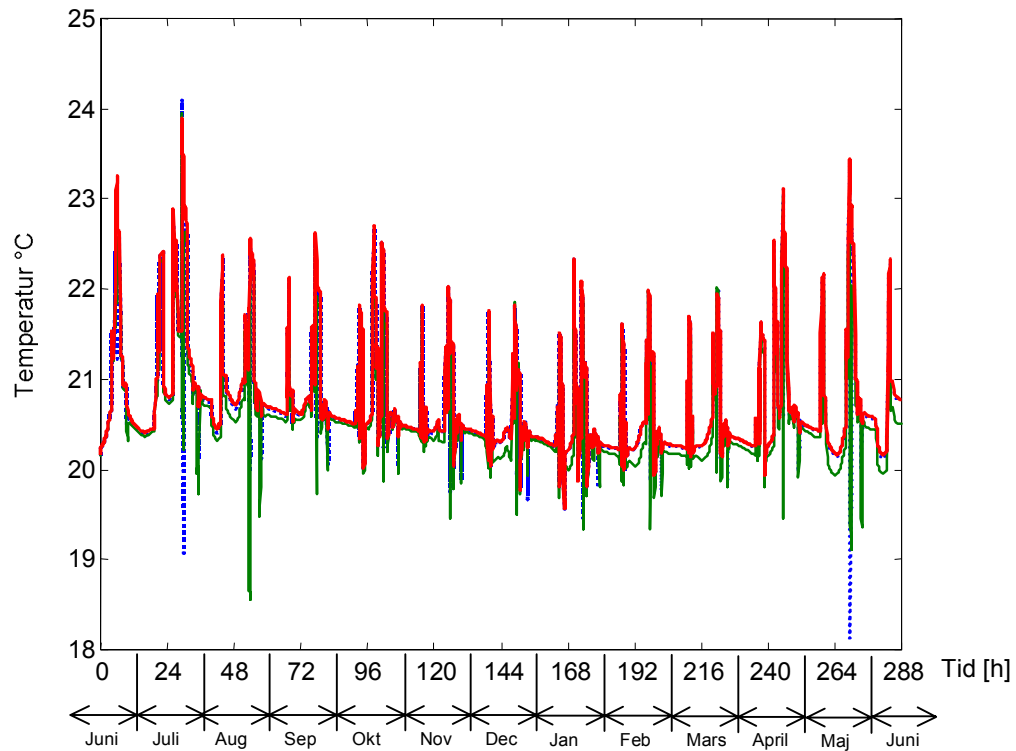
I spara och slösa profilerna blandas inverkan av internlast och olika vädringsbeteende. För att separera vädringsprofilens inverkan från internlasten har nya simuleringar gjorts, med spara familjens internlast och slösa familjens vädringsprofil. Som jämförelse har simuleringar genomförts utan någon vädringsprofil för både spara och slösa fallen. Resultaten finns tabellerade i bilaga C.

Först kan noteras att energianvändningen då fönsteröppningsprofilen för spara beteendet används blir nästan identisk med fall då ingen profil används (fönstret öppnas då temperaturen är över 24°C).

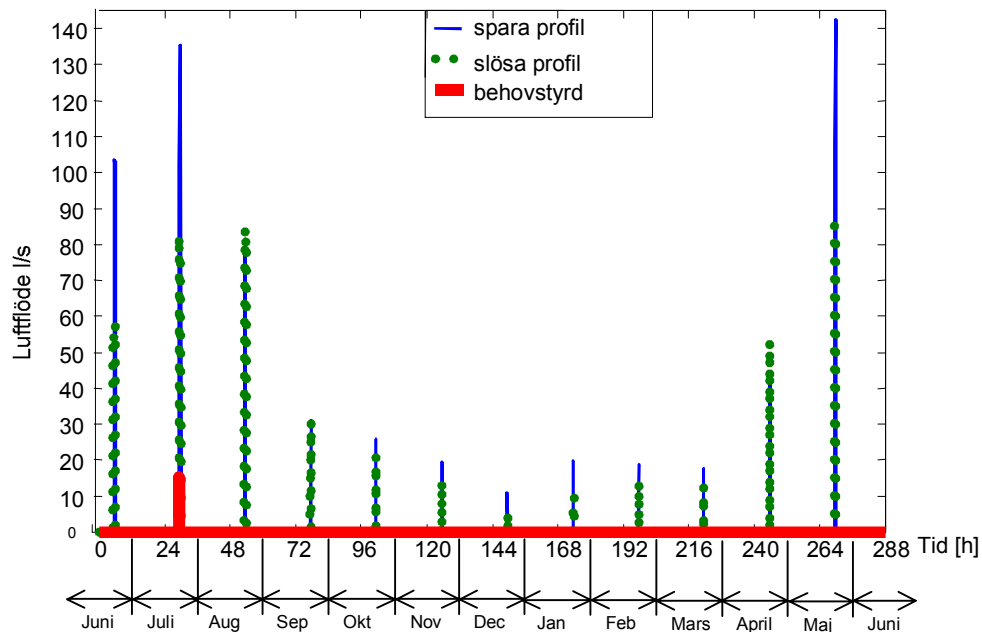
Resultatet som redovisas i bilaga C visar också att den *reglerande* reglerstrategin är mycket känslig för hur fönstervädningen sker. Behovet av radiatorvärme för sparande familj, varierar med 22 kWh/m² beroende på använd vädringsprofil. Motsvarande siffra för de andra strategierna är 7 kWh/m².

Störst förmåga att utnyttja internlasten för uppvärmning, har den *reglerande* reglerstrategin. Ser man till den sammanlagda energianvändningen (värme+el) för fallen med sparande respektive slösande familj, blir total energi användning 13 kWh/m² för den slösande familjen. Motsvarande siffra för den maxbegränsande reglerstrategin är 21 kWh/m² vilket även gäller för konstant flöde. Detta innebär att de sistnämnda reglerstrategierna inte har förutsättningar att nyttiggöra höga internlast

I figurerna 5.1 respektive 5.2 nedan visas skillnaden i rumstemperatur respektive flödet genom köksfönstret för en sparande barnfamilj med olika vädringsprofiler. Rumstemperaturerna för de olika vädringsprofilerna går inte att särskilja från varandra, de redovisas för att ge en bild av temperaturförloppet i ett rum.



Figur 5.1 Temperaturen i rum 4 (kök) för sparande familj med tre olika fönstervädringsprofiler. Förutom i de punkter fönstren öppnas är temperaturen nästan lika i de tre fallen.



Figur 5.2 Luftflödet i rum 4 (kök) för de tre vädringsprofilerna, för sparande familj.

5.3 Energianvändning för en tom lägenhet

För att studera hur stor del av energianvändningen som är oberoende av de boendes beteende har simuleringar körts för alla väderstreck, men utan några laster i lägenheten. Resultatet finns tabellerat i bilaga C.

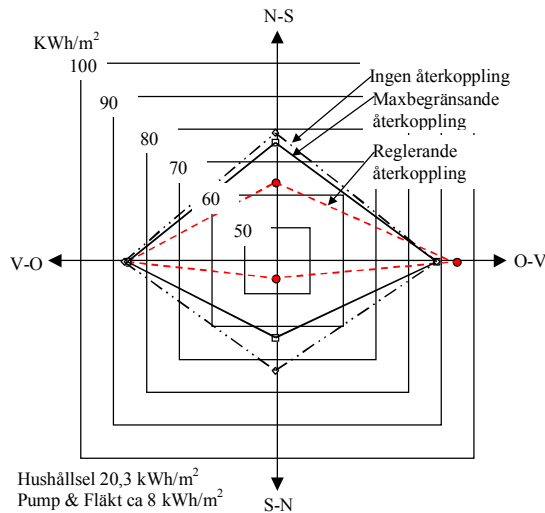
Den reglerande reglerstrategin utnyttjar den under dagen infallande solinstrålning på ett bättre sätt än de övriga, men tar man ett medelvärde över alla orienteringar visar det sig att den maxbegränsande strategin ger något lägre energianvändning. Orsaken till dessa skillnader är att den reglerande reglerstrategin håller en jämnare temperatur än de övriga, vilket är positivt då mycket sol finns tillgängligt och negativt vid lite sol. Man kan också dra slutsatsen att den reglerande strategin utnyttjar ”gratisvärme” bättre än de övriga.

5.4 Sammanställning av simuleringsresultat

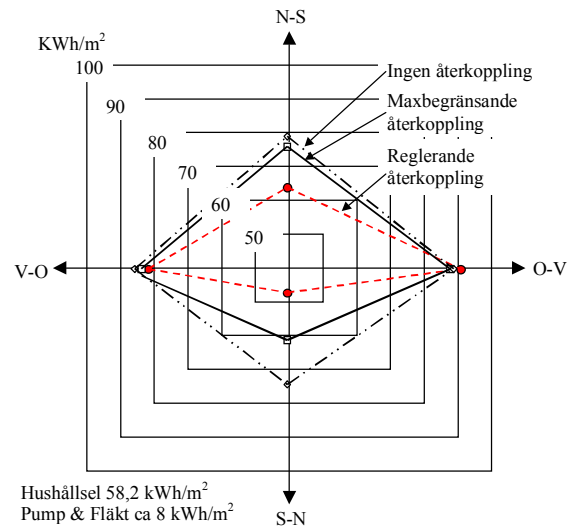
Nedan redovisas de simuleringar som är gjorda för sparande och slösande familj respektive pensionärspår, för tre reglerstrategier. I bilaga C finns en utförligare resultatsammanställning.

I figurerna nedan är lägenhetens orientering förkortad enligt nedan:

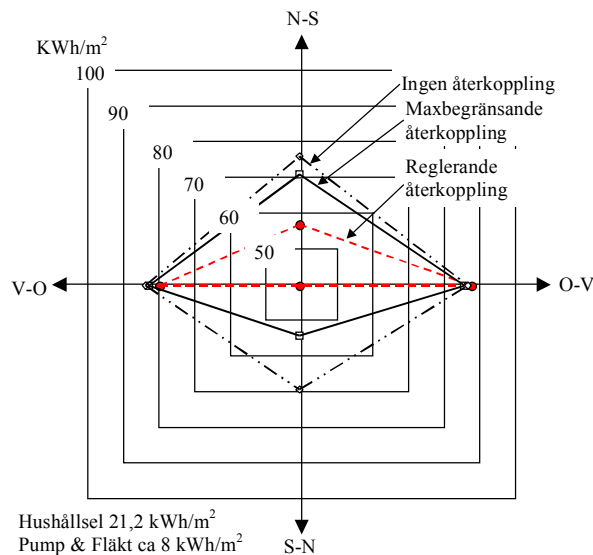
N-S: Nord-Syd S-N: Syd-Nord V-O: Ost-Väst O-V: Ost-Väst



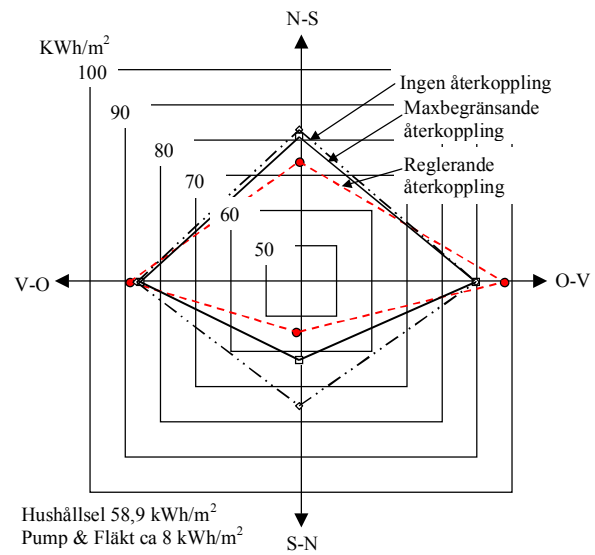
a) Pensionärspår, spara



b) Pensionärspår, slösa



c) Barnfamilj, spara



d) Barnfamilj, slösa

Figur 5.3 Sammanställning över simuleringsresultat. Årlig användning av värme per m² lägenhetsyta för tre reglerstrategier vid fyra olika lägenhetsorienteringar.

I figur 5.3 ser man tydligt att den reglerande reglerstrategin är känslig för lägenhetens orientering, medan de andra två är mer oberoende. Man ser också att den reglerande återkopplingen medför att energianvändningen blir högre än de övriga vid ost - västlig orientering.

5.5 Utnyttjande av interngenererat värme

5.5.1 Gratisvärmeutnyttjande

I studierna av Jenssen (1982,1983)och Hedin (1989) används begreppet gratisvärmeutnyttjande v_g som definieras enligt utnyttjat gratisvärme genom tillgängligt gratisvärme, ekvation 5.1. Det utnyttjade gratisvärmets värde fås ur skillnaden mellan nominell eller dimensionerande radiatoreffekt och använd radiatoreffekt.

$$v_g = \frac{(P_{\text{radiator,nom}} - P_{\text{radiator}})}{P_{\text{gratis}}} \quad \text{ekv 5.1}$$

Denna definition skulle kunna skrivas om enligt ekvation 6.2.

$$v_g = \frac{K_{\text{radiator}} (V_{\text{nom}} - V_{\text{verkl}})}{P_{\text{gratis}}} \quad \text{ekv 5.2}$$

I ekvation 5.2 ovan är V_{nom} nominellt vattenflöde genom radiatoren och V_{verkl} det aktuella vattenflödet. Detta skulle innebära att strategin utan termostatventil alltid skulle få $v_g = 0$. Detta är inte fallet, då framledningstemperaturen styrs efter en kurva, med hänsyn tagen till visst gratis energitillskott. I Hedin (1989) redovisas en jämförelse av gratisvärmeutnyttjandet för tre reglerstrategier. Två av dessa hade framkoppling och återkoppling medan en endast hade framkoppling. I studien blev gratisvärmeutnyttjandet runt 90% för strategierna med återkoppling och ca 30% för strategin med endast framkoppling. För att ge en mer rättvis bild av nyttjandet av interngenererat värme definieras och använd istället begreppet självtäckningsgrad.

5.5.2 Självtäckningsgrad

För att karakterisera de olika reglerstrategierna inför vi begreppet självtäckningsgrad s , som definieras enligt ekvation 5.3.

$$s = \frac{(\text{Tillskott av gratis energi})}{(\text{Totalt energitillskott})} = \frac{(E_{\text{sol}} + E_{\text{person}})}{(E_{\text{sol}} + E_{\text{person}} + E_{\text{radiator}} + E_{\text{el}})} = 1 - \frac{(E_{\text{radiator}} + E_{\text{el}})}{(E_{\text{sol}} + E_{\text{person}} + E_{\text{radiator}} + E_{\text{el}})} \quad \text{ekv 5.3}$$

Faktorn, s , bestäms endast för uppvärmningssäsongen. Bara den del av hushållselen, E_{el} , som kan utnyttjas som värme används, se kapitel 3. Faktorn s finns tabellerad i tabell 5.9 nedan. Hög självtäckningsgrad innebär att reglerstrategin är bra på att utnyttja interlasterna för att täcka energiförlusterna.

I tabellerna (Tabell5.9, 5.10) nedan är lägenhetens orientering förkortad enligt nedan:

N-S: Nord-Syd S-N: Syd-Nord V-O: Ost-Väst O-V: Ost-Väst

Tabell 5.9 Självtäckningsgrad för barnfamilj

	Familj, Spara			Familj, Slösa		
	N-S S-N	V-O O-V	Medel	N-S S-N	V-O O-V	Medel
Reglerande	0,788 0,834	0,637 0,608	0,717	0,712 0,757	0,577 0,552	0,650
Maxbegränsande	0,750 0,790	0,625 0,613	0,695	0,697 0,736	0,582 0,570	0,646
Konstant flöde	0,737 0,754	0,621 0,612	0,681	0,693 0,709	0,578 0,570	0,638

Tabell 5.10 Självteckningsgrad för pensionärspår.

	Pensionär, Spara			Pensionär, Slösa		
	N-S S-N	V-O O-V	Medel	N-S S-N	V-O O-V	Medel
Reglerande	0,767 0,816	0,609 0,579	0,693	0,715 0,755	0,564 0,538	0,643
Maxbegränsande	0,737 0,772	0,611 0,599	0,680	0,687 0,724	0,559 0,547	0,629
Konstant flöde	0,729 0,746	0,609 0,599	0,671	0,680 0,696	0,555 0,546	0,619

Man ser på ovanstående data att det är liten skillnad på självtäckningsgraden mellan de olika strategierna. Detta beror på att framledningstemperaturen är optimerad för den aktuella lägenheten.

6 Diskussion

6.1 Inverkan av orientering

Vilken reglerstrategi som passar bäst till olika beteenden beror på byggnadens orientering. Om byggnaden är orienterad så att mycket energi från solen transmitteras genom fönstren kommer energianvändningen bli lägst om den reglerande reglerstrategin används och högst om det inte finns någon reglering. Om byggnaden istället är orienterad så att lite solljus transmitteras genom fönstren kommer den reglerande reglerstrategin istället att medföra högst energianvändning medan den maxbegränsande strategin och strategin med konstant flöde ger lägre energianvändning. Orsaken till det senare är att onödigt mycket energi åtgår för att kompensera för öppna fönster. Nackdelen med konstant flöde är att rumstemperaturen kan skena även under vintern.

Inverkan av lägenhetens orientering oberoende av beteendet hos de boende, har också studerats. Resultaten visar på stor spridning mellan de olika reglerstrategierna och energianvändningen. Reglerstrategin med reglerande återkoppling ger en energianvändning mellan 62 och 115 kWh/m² beroende på väderstreck. Detta visar att individuell värmemätning kan slå fel om den tillämpas i ett större fastighetsbestånd med stor variation på byggnadernas orientering. Detta blir mest allvarligt i hyresfastigheter där de boende har litet inflytande över vilken lägenhet som finns tillgänglig, medan för bostadsrätter kan detta eventuellt bli självreglerande och kompenseras med en lägre insats. Denna diskussion väcker frågan om inte alla lägenheter bör energiklassas så att nya hyresgäster eller bostadsrättsinnehavare kan bedöma sin kommande bostadskostnad.

6.2 Inverkan av beteende

Det är svårt att sätta ihop beteende profiler för olika hushållssammansättningar. I denna studie har vi begränsat oss till två fall, som dock får anses vanliga. I den engelska undersökningen som diskuteras i rapportens inledning (Mansouri et al 1996) är de två vanligaste hushållssammansättningarna de som använts i denna studie, dvs. två vuxna och två vuxna med två barn.

Reglerstrategin med reglerande återkoppling försöker hela tiden kompensera för störningar som sänker eller höjer rumstemperaturen. Detta innebär att strategin är dålig om de boende öppnar fönstren ofta under vintern, och bra om de boende har stor och intermitterant internlast. Detta innebär t ex att om man inte sänker termostaternas börvärde manuellt då man åker på vintersemester kommer reglerstrategin med reglerande återkoppling att ge lägst energianvändning. Vädringsstrategin har i denna studie en stor inverkan på energianvändningen, detta bör studeras vidare. Det vore intressant att studera verkliga vädringsbeteenden.

6.3 Synpunkter på val av reglerstrategi

I en studie av Widegren-Dafgård (1983) visas att 10 % fler lägenhetsinnehavare i hus med radiator termostater är riktigt nöjda med sin termiska komfort jämfört med boende i hus utan radiator termostater. Dock visade inte studien på någon märkbar minskning i energianvändningen. I denna studie visas att den reglerande reglerstrategin i vissa fall kan ge minskad energianvändning. Summeras resultaten blir dock minskningen obetydlig. Man kan vänta sig samma effekt om man studerar ett större bostadsbestånd.

Som syns i kapitel 5.1 har framledningstemperaturen stor inverkan på energianvändningen för den maxbegränsande reglerstrategin och algoritmen med konstant flöde. En undercentral levererar ofta värme till ett större antal bostäder, ofta av varierande storlek och orientering. För att byggnadsarbetet skall bli rationellt väljer man att begränsa antalet radiatorstorlekar till ett minimum, vilket innebär att det sällan är korrekt framledningstemperatur. Den energianvändning som redovisas i denna rapport gäller därför endast för mycket väldimensionerade radiatorssystem. Ofta är radiatorerna överdimensionerade vilket innebär en onödigt hög energianvändning. I kap 5.1 redovisas en ökning av energi användningen på 16 % för den maxbegränsande reglerstrategin då den dimensionerande framledningstemperaturen höjs från 45 till 50°C, motsvarande siffra för den reglerande algoritmen är 3% då den dimensionerande framledningstemperaturen höjs från 50 till 55. Vid en ökning av framledningstemperaturen med ytterligare 10°C ökar energianvändningen för den maxbegränsande strategin med 36 % och endast 6 % för den reglerande strategin.

6.4 Jämförelse med andra studier

Ur energiläget 2000 kan man beräkna kvoten totalt använd El/Värme för bostäder i Sverige. Den totala användningen av hushållsel 1999 var ca 20 TWh. Energiåtgången för uppvärmning och tappvarmvatten för bostäder var ca 72 TWh. Detta ger sammantaget kvoten $El/Värme=20/72=0,28$ som genomsnitt för Sverige vilket redovisas som en linje i figur 6.1.

Använder man annan statistik (SCB 2000) kan man uppskatta elanvändningen för flerbostadshus till 36kWh/m^2 och värmeanvändningen till 168kWh/m^2 .

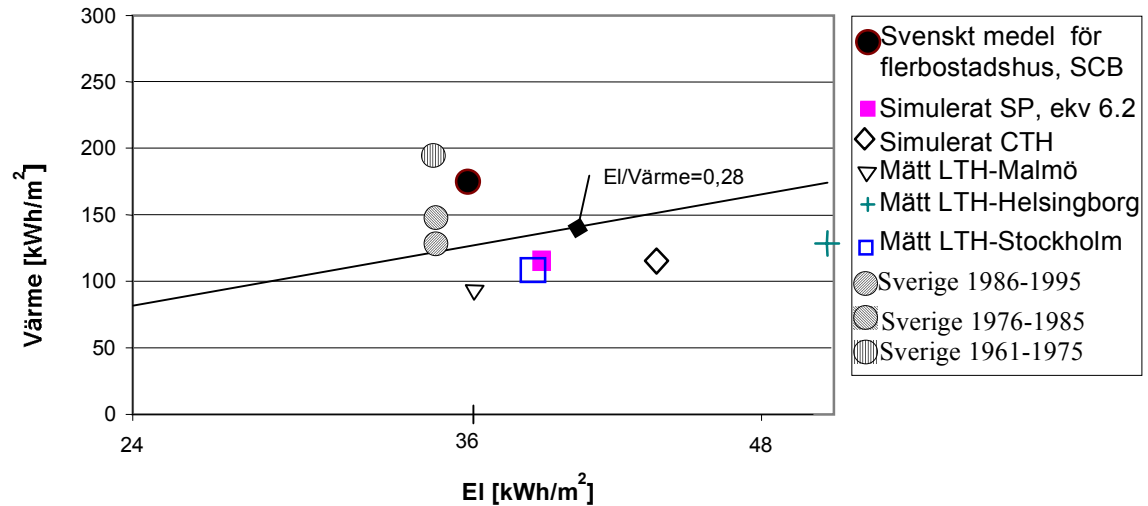
I vår studie har inte energiåtgången för uppvärmning av tappvarmvatten tagits med. För att det skall vara möjligt att jämföra denna studie med andra där varmvattnet har tagits med uppskattas energin för uppvärmning av varmvatten enligt Boverket (1994) (ekv 6.1).

$$E_{nv} = 365 \cdot (5 \cdot \text{Antal lägenheter} + 0,05 \cdot \text{Bruksarea}) \quad \text{ekv 6.1}$$

Beräknas energiåtgången för varmvattenframställningen enligt ekvation 6.1 fås 3102kWh per lägenhet eller $44,3\text{ kWh/m}^2$. Beräknar man ett genomsnitt för denna simuleringsstudie blir kvoten

$$\frac{El}{Värme} = \frac{40}{77 + 44} = 0,33 \quad \text{ekv 6.2}$$

Det finns ett antal studier som redovisar energianvändningen i flerbostadshus. För att visa på rimligheten i resultaten från denna studie görs i figur 6.1 en jämförelse med några studier. Förutom de studier som redan redovisats ovan, redovisas data ur en studie från CTH (Ståhl 2000) och en från LTH (Adelberth 2000). De data som är betecknade Sverige 19xx –19yy är tagna ur Energiboken (Andersson, Klevard Setterwall 1995). Jämförelsen visar att de simuleringar som genomförts i denna studie är baserade på rimliga antaganden avseende användning av hushålls-el och värme för uppvärmning och varmvatten.



Figur 6.1 Jämförelse mellan el och värmeanvändning i bostäder. Linjen representerar den genomsnittliga kvoten Tillförd hushålls el/Tillförd värme för Sverige.

7 Slutsats

En reglerstrategi med reglerande återkoppling har störst potential att ge ett jämnt och för de flesta acceptabelt inomhusklimat. Energianvändningen blir dock inte alltid den lägsta möjliga.

Om man har ett stort bostadsbestånd med mycket varierande orientering på lägenheterna och stor variation på beteendet hos de boende, är det säkrast att välja reglerstrategin med reglerande återkoppling, då den sammantaget ger lägst energianvändning. Om man har ett hus men få lägenheter och en bestämd boendegrupp, kan det vara lämpligt att fundera över valet av reglerstrategi. I vissa fall kan det här vara mer lämpligt med maxbegränsande termostatventiler. Det ser dock inte ut att finnas någon anledning att använda konstant flöde genom radiatorerna och helt förlita sig på reglering av framledningstemperaturen. Har man ett gammalt bostadsbestånd där flödet genom radiatorerna är konstant måste man noga undersöka om det ger någon vinst att byta till termostatventiler. I vissa fall kan det bli en ren förlustaffär. Komfortskäl kan vara en annan stor anledning till att installera termostatventiler. Om temperaturen i bestämda rum i en lägenhet har en tendens att bli väldigt hög kan det vara en anledning till att injustera radiatorsystemet eller om det inte hjälper, installera termostatventiler.

8 Förklaringar

Beteendefaktorer De faktorer som definierar en persons beteende i en lägenhet. I denna studie menas öppning av dörrar, öppning av fönster, forcering av spiskåpan, när och hur många personer som vistas i ett rum och hur användningen av hushållsapparater sker.

Beteendeprofiler Tidpunkt och värden på de faktorer som beskriver beteendet, se beteende faktorer

Boende De som bor i en lägenhet

Boendegrupp En grupp av boende som har liknande beteendeprofiler

Börvärde Begrepp inom reglertekniken, används för att beskriva det värde man önskar uppnå vid en reglering av en process.

Delprofiler En beteendeprofil är uppbyggd av flera delprofiler, varje delprofil representerar en beteende faktor eller en del därav.

Energiklass En bedömning av en lägenhets termiska egenskaper som inverkar på energianvändningen och som de boende inte kan påverka.

Forceringsläge En spiskåpa i ett flerbostadshus kan ofta ställas in så att ventilationsflödet ökar under perioder då matlagning pågår, detta kallas forcering.

Framkoppling Begrepp inom reglertekniken, används för att beskriva regler-system där man mäter en storhet för att förutsäga hur den reglerade storheten kommer att ändras då driftförhållandena ändras. Ett exempel på detta är vid system för uppvärmning av bostäder. Värmeavgivningen från ett hus beror till stor del av utomhustemperaturen, genom att mäta denna kan man förutse om man behöver tillföra mer effekt till huset via radiatorerna redan innan inomhustemperaturen har sjunkit.

Framledningstemperatur Den temperatur som levereras av uppvärmningssystemet till radiatorerna. Framledningstemperaturen styrs ofta av utomhustemperaturen, se framkoppling.

Gratisvärme ”Gratisvärme” är ett begrepp som man inte bör använda, då det ofta inkluderar värme från hushållsapparater, vilken inte är gratis. I denna studie används begreppet på två sätt. I samband med begreppet gratisvärmeutnyttjande betyder begreppet all värme utom värme från radiatorerna som tillförs lägenheten. Här inkluderas även värme från elektriska apparater. I samband med begreppet självtäckningsgrad betyder gratisvärme det värme som avges från personer och det värme som härrör från solen.

Gratisvärmeutnyttjande Begreppet används för som ett mått på hur väl ett regler-system kan kompensera för att tillskott av värme från andra källor än radiatorsystemet.

Interngenererat värme Värme som härrör från aktiviteter inne i lägenheten plus det värme som kommer från solen.

Internlast Se interngenererat värme.

Konstant flöde I denna studie innebär detta att flödet genom radiatorn inte kan ändras, det saknas en termostatventil.

Maxbegränsande reglerstrategi I denna studie innebär begreppet att radiatortermostaten börjar minska på flödet genom radiatorn först då temperaturen överstiger en viss nivå, vanligen 24°C. Denna strategi är också beroende av hur framledningstemperaturen styrs av uttemperaturen, se framkoppling.

Nyttig energi Den energi som tillförs lägenheten vid användning av hushållsapparater.

Orientering Innebär hur lägenheten är vriden i förhållande till syd, se figur 3.1.

Ostrypt Fullt öppen ventil

Parameterstudie En studie där man försöker identifiera den inverkan varje enskild parameter har på en process.

Personlast Värmeavgivning från de personer som vistas i lägenheten. En vuxen människa avger ca 100W och ett barn ca 80W.

Radiator En apparat som avger värme till omgivningen till största delen via strålning, ett vanligt men felaktigt namn på samma apparat är element. En radiator kan vara både vatten och el driven. I denna studie har vatten radiatorer använts.

Radiatorsystem Radiatorerna är sammankopplade med varandra och en anläggning för värmeproduktion med ett system av rör. Ett samlingsnamn för detta är radiatorsystem.

Radiatortermostat En radiatortermostat är en slags termometer som sitter fast på den ventil som styr vattenflödet till radiatorn. Termostaten består vanligen av en vaxkropp som utvidgar sig eller krymper då rumstemperaturen ändras. Då vaxkroppen ändrar storlek gör den att flödet genom ventilen ändras.

Realtidsstudie Här menas att man använder simulering för att testa en verklig produkt, detta innebär att simuleringen måste ha samma hastighet som verkligheten, dvs. 1 timmas simulering motsvarar en verklig timma.

Regleralgoritm Matematisk beskrivning av regleringen

Reglerande Reglerstrategi En reglerstrategi där regleringen sker kontinuerligt för att konstant hålla ett visst värde.

Reglerband Begrepp inom reglertekniken. Vid proportionell reglering är utsignalen direkt beroende av avvikelserna mellan aktuellt värde och börvärde. $U=K \cdot E$, där U är utsignalen, E felet och K proportionalitetskonstanten. Reglerbandet $R=1/K$.

Reglercentralen Den apparat som innehåller regleralgoritmen.

Reglerstrategi Sätt att genomföra regleringen

Reglersystem Ett samlingsnamn för de delar som behövs för att sköta regleringen. I denna studie består det av bland annat en radiatortermostat, temperaturgivare för att mäta utomhustemperaturen och framledningstemperaturen samt en reglercentral som styr framledningstemperaturen som funktion av utomhustemperaturen.

Simuleringsstudie En studie som baseras på resultat framtagna med datorsimulering av ett förlopp eller en process.

Självreglerande En process med inbyggd reglering.

Självtäckningsgrad En term som definieras i denna studie. Termen beskriver förmåga att ta till vara solinstrålning och värme från personer för uppvärmningsändamål.

Soltillskott Värme som kommer från solen och som kan användas för uppvärmning.

SPber se SPsim

Spillvärme Värme från en process som har tillräckligt hög temperatur för att den skall kunna användas för något annat syfte vilket i denna studie innebär uppvärmning.

SPsim Ett verktyg utvecklat på Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut för att studera reglersystem i realtid. SPber är den del i verktyget som simulerar en byggnads termiska beteende.

Temperaturförlopp Beskrivning av hur temperaturen varierar i en process.

Termostater En enkel proportionell regulator med inbyggd temperaturgivare.

Transmitteras Betecknar hur värme från solen kan passera ett fönster utan att fångas upp av glaset.

Trevägsventil En ventil där en vätska har ett inlopp och två möjliga utlopp eller två inlopp och ett utlopp.

Undercentral Det rum i en byggnad där fjärrvärmeledningarna kommer in och värme tillförs radiatorsystemet och tappvarmvattnet.

Värme En form av energi där mängden lagrad energi beror på den temperatur som lagringsmediet har.

Återkoppling Begrepp inom reglertekniken, används för att beskriva regler-system där man mäter den storhet som regleras, om det uppmätta värdet inte är detsamma som det önskade registrerar reglercentralen ett fel och försöker genast kompensera detta genom att ändra utsignalen enligt en regleralgoritm. Vanliga regleralgoritmer för återkopplade system är P-, PI- och PID- algoritmer. Ett av de enklaste sätten att skapa återkoppling är att reglera rumstemperaturen med hjälp av radiatortermostater.

Öppningsgrad Beskriver hur stor en öppning är i förhållande till maximal öppning.

Övertemperatur Här menas en situation där rumsluften har en temperatur som överstiger det angivna reglerområdet.

9 Nomenklatur

$E_{\text{år,radiator}}$	Årlig energianvändning för uppvärmning	kWh/m ² år
$E_{\text{sim,radiator}}$	Simulerad årlig energianvändning för uppvärmning	kWh/m ² år
$E_{\text{år,internlast}}$	Årligt energitillskott till lägenheten i form av internlast	kWh/m ² år
$E_{\text{sim,internlast}}$	Simulerat energitillskott till lägenheten i form av internlast	kWh/m ² år
f(x)	Funktion av variabeln x	
U	Utsignal från regulator	
$T_{\text{gi var e}}$	Temperatur som uppfattas av temperaturgivare	°C
T_{set}	Önskad temperatur som ställs in på reglerutrustningen	°C
N-S	Nord–Sydlig orientering av lägenheten	
S-N	Syd–Nordlig orientering av lägenheten	
V-O	Väst–Ostlig orientering av lägenheten	
O-V	Ost–Västlig orientering av lägenheten	
v_g	Gratisvärmeutnyttjande	
$P_{\text{radiator,nom}}$	Nominell (dimensionerad) effektavgivning från radiatorerna	W
P_{radiator}	Verklig effektavgivning från radiatorerna	W
P_{gratis}	”Gratis” värme effekt	W
K_{radiator}	Konstant som beskriver hur flödet genom radiatoren varierar med radiatorns effektavgivning	Ws/m ³
V_{nom}	Vattenflöde genom radiatoren vid nominell effektavgivning	m ³ /s

V_{verkl}	Verkligt vattenflöde genom radiatorn vid verklig effektavgivning från radiatorn	m^3/s
E_{sol}	Årligt tillskott av värme från solen till lägenheten	$\text{kWh}/\text{m}^2\text{år}$
E_{person}	Årligt tillskott av värme från personer till lägenheten	$\text{kWh}/\text{m}^2\text{år}$
$E_{radiator}$	Årligt tillskott av värme från radiatorerna till lägenheten	$\text{kWh}/\text{m}^2\text{år}$
E_{el}	Årlig användning av elektricitet	$\text{kWh}/\text{m}^2\text{år}$
E_{tvv}	Årlig användning av värme för uppvärmning av tappvarmvatten	$\text{kWh}/\text{m}^2\text{år}$
V	Ventilationsflöde	l/s
V_0	Ventilationsflöde utan forcering	l/s
dV_{forc}	Del av ventilationsflödet som beror på forcering	l/s
dV	Del av ventilationsflödet som beror på utomhustemperaturen	l/s
\bar{t}_d	Medeltemperaturen utomhus över ett dygn	$^{\circ}\text{C}$
t_0	Temperatur vid början av ett dygn	$^{\circ}\text{C}$
t_{24}	Temperatur vid slutet av ett dygn	$^{\circ}\text{C}$
τ_{kl}	Klocktid	h
τ	Löpande tid	s
t_{ute}	Utomhustemperatur	$^{\circ}\text{C}$

10 Referenser

- 1 Amnell Tobias (1997) *Utnyttjande av spillvärme från eleffektiva apparater*. ELAB rapport. UG 97:36, Vattenfall Utveckling AB, Energianvändning.
- 2 Andersson H. E. B., Klevard Setterwall, 1995, *Energiboken Kunskapsläge & Forskningsfront*, Byggeforskningsrådet, Stockholm, Sverige
- 3 Dyrstad Pettersen 1997, *Uncertainty analysis of energy consumption in dwellings*, Department of buildings Science, Narvik Institute of Technology, Narvik, Norge
- 4 Fahlén P., Ruud S. Wikmyr M., 1996, *Styr- och reglersystem för direkt- elvärmda småhus – elvärmestyrning- SP METOD 1933, Del3*, SP AR 1996:21, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås
- 5 Hedin B 1989, *Reglering av inomhustemperaturen i flerbostadshus med central återkoppling*, Rapport R50:1989, Byggeforskningsrådet, Stockholm Sverige
- 6 Jensen L., Lange e., 1982, *Energianvändning och energibesparing i Malmö*, Rapport R9:1982, Byggeforskningsrådet, Stockholm Sverige
- 7 Jensen L., Hedin B., 1983, *Regler- och styrprinciper för inomhustemperaturen i flerbostadshus med vattenburen värme*, Rapport BKL 1983:6, Inst. för byggnadskonstruktionslära, LTH, Lund, Sverige
- 8 Ketola A, 2000, *Mänskliga dimensioner vid energianvändning*, Institutionen för värme- och kraftteknik, avd Energihushållning, LTH, Lund, Sverige
- 9 Lövehed Li 1995, *Villa '95 ett yt- och energisnålt enfamiljshus*, Lunds univeritet, Lunds tekniska högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Rapport TABK -95/3029.
- 10 Mansouri et al 1996, *Energy Consumption in UK Households: Impact of Domestic Electrical Appliances*, Applied Energy, Vol. 54, No3, Elsevier Science, Storbritannien
- 11 Mullaly 1999, *Home energy use behaviour: a necessary component of successful local government home energy conservation (LGHEC) programs*, Energy Policy, vol 26, No14, Elsevier Science, Storbritannien
- 12 Petersson 1998, *Analys av konventionella radiatorsystem*, Inst för energiteknik, CTH, Göteborg, Sverige
- 13 SCB 2000, *Energistatistik för flerbostadshus 1999*, Statistiska meddelanden EN SM 0001, Statistiska Central Byrån, Sverige
- 14 STEM, 1999, *Energiläget 2000*, Energimyndigheten, Eskilstuna, Sverige

- 15 STEM, 1999, *Eleffektiva kylar och frysar*. ET 28: 1998, tilltryck januari 1999, Alfa Print, Sunbyberg. Broschyr utgiven av Energimyndigheten.
- 16 Ståhl F., 2000, *Inverkan av termisk massa på en byggnads energibehov under dess livscykel*, Inst. för byggnadsfysik, CTH, Göteborg, Sverige
- 17 Svensson och Kåberger, 1991, *Handla el-effektivt*, Naturskyddsföreningen ISBN: 91 558 7641 2
- 18 Trüchel 1999, *Värmesystem med luftvärmare och radiatorer*, Inst för Installationsteknik, CTH, Göteborg, Sverige
- 19 Widegren-Dafgård 1980, *Ventilation through window-openings in residential buildings*, Tekniska meddelanden no 170, Inst. För Uppvärmnings och Ventilationsteknik, KTH, Stockholm, Sverige
- 20 Widegren-Dafgård 1982, *Room air temperature in dwellings, actual and desired*, Tekniska meddelanden no 226, Inst. För Uppvärmnings och Ventilationsteknik, KTH, Stockholm, Sverige
- 21 Widegren-Dafgård 1983, *Indoor temperatures and user's behaviour in dwellings with or without thermostat controlled radiator valves*, Tekniska meddelanden no 260, Inst. För Uppvärmnings och Ventilationsteknik, KTH, Stockholm, Sverige
- 22 Wilhite et al, 1996, *A cross-cultural analysis of household energy use behaviour in Japan and Norway*, Energy Policy, vol 46, No9, Elsevier Science, Storbritannien

Bilaga A Beteende profiler

Simuleringen startar kl 12.00 dygn 1, vilket innebär att dygnet vara från 12.00 ena dagen till 12.00 nästa dag. På grund av detta ser profilerna lite underliga ut. För familjen respektive pensionärsparet har dörrarna och antal personer samma profiler för både spara och slösa fallen. Profilerna är beskrivna med två typer av diagram. I diagramtyp 1 anges endast de tidpunkter som avviker från normal-tillståndet. Här antas att dygnet slutar och börjar 12 mitt på dagen utan att det skrivs ut. I diagramtyp 2 anges först ett startvärde kl 12 vilket sedan gäller tills en ny tidpunkt med nytt värde anges osv. Nästa dags start värde är detsamma som föregående dags slutvärde. Observera att tiden i tabellerna är angiven som decimaltal dvs. 6,500 innebär klockan 06.30.

Diagramtyp 1

Familj Tidpunkter för öppning av dörr 1

värde	Dygn											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
0	22,000	23,000	22,000	22,000	23,000	22,000	22,000	23,000	22,000	22,000	23,000	22,000
0	8,000	6,500	6,500	8,000	6,500	6,500	8,000	6,500	6,500	8,000	6,500	6,500
1												

Exempel: När dygn 1 startar är värdet på dörröppningen 1 vilket innebär fullt öppen dörr. Klockan 22.00 stängs dörren för att öppnas igen klockan 8.00. Dörren är sedan öppen till 23.00 dygn 2, då den stängs på nytt för åter igen öppnas 6.30 osv.

Diagramtyp 2

Familj Antal personer vid olika tidpunkter i rum 3

värde	Dygn												
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
0,000	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000	3,600	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000
3,600	19,000	2,000	15,000	3,600	19,000	1,000	20,000	2,000	15,000	3,600	19,000	3,600	19,000
1,000	20,000	0,000	17,000	1,000	20,000	2	20,500	0	17,000	1	20,000	1	20,000
2,000	20,500	3,600	19,000	2,000	20,500	0,000	21,500	3,600	19,000	2,000	20,500	2,000	20,500
0,000	21,500	1,000	21,000	0,000	21,500	1,600	7,500	1,000	21,000	0,000	21,500	0,000	21,500
1,600	7,500	2,000	21,500	0	12	0,000	8,500	2	21,500	0	12	0	12
0,000	8,500	0,000	23,000					0	23,000				
0	12,000	0,000	12					0,000	12				

Exempel: Dygn ett startar klockan 12.00 med värdet 0, dvs inga personer i rummet. Först klockan 19.00 blir värdet 3,6 vilket innebär att 2 vuxna och 2 barn går in i rummet. Klockan 8 lämnar alla utom en vuxen rummet och värdet blir därmed 1 osv.

Bilaga A 3(25)

Familj Antal personer vid olika tidpunkter i rum 2

värde	Dygn											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
2	16,000	15,000	16,000	16,000	15,000	16,000	16,000	15,000	16,000	16,000	15,000	16,000
2	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
0												
2	20,500	21,500	20,500	20,500	21,500	20,500	20,500	18,000	20,500	20,500	21,500	20,500
2	7,500	7,000	7,000	7,500	7,000	7,000	7,500	21,500	7,000	7,500	7,000	7,000
0												

Familj Antal personer vid olika tidpunkter i rum 3

värde	Dygn											
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
0,000	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000	3,600	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000	
3,600	19,000	2,000	15,000	3,600	19,000	1,000	20,000	2,000	15,000	3,600	19,000	
1,000	20,000	0,000	17,000	1,000	20,000	2	20,500	0	17,000	1	20,000	
2,000	20,500	3,600	19,000	2,000	20,500	0,000	21,500	3,600	19,000	2,000	20,500	
0,000	21,500	1,000	21,000	0,000	21,500	1,600	7,500	1,000	21,000	0,000	21,500	
1,600	7,500	2,000	21,500	0	12	0,000	8,500	2	21,500	0	12	
0,000	8,500	0,000	23,000					0	23,000			
0	12,000	0,000	12					0,000	12			

Familj Rum 3 forts

värde	Dygn											
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
0,000	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000	0,000	12,000	0	12,000	
3,600	19,000	2,000	15,000	3,600	19,000	3,600	19,000	2,000	15,000	3,6	19,000	
1	20,000	0	17,000	1	20,000	1	20,000	0	17,000	1	20,000	
2,000	20,500	3,600	19,000	2,000	20,500	2,000	20,500	3,600	19,000	2	20,500	
0,000	21,500	1,000	21,000	0,000	21,500	0,000	21,500	1,000	21,000	0	21,500	
1,6	7,500	2	21,500	0	12	1,6	7,500	2	21,500	0	12,000	
0	8,500	0	23,000			0	8,500	0	23,000			
0	12	0	12			0	12	0	12			

Familj Antal personer vid olika tidpunkter i rum 4

värde	Dygn											
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	
1	16,000	3,6	14,000	1	16,000	1	16,000	3,6	14,000	1	16,000	
2	17,000	0	15,000	2	17,000	2	17,000	0	15,000	2	17,000	
3,6	18,000	2	17,000	3,6	18,000	3,6	18,000	2	17,000	3,6	18,000	
0	19,000	3,6	18,000	0	19,000	0	19,000	3,6	18,000	0	19,000	
1	8,500	0	19,000	1	7,000	1	8,500	0	19,000	1	7,000	
3,6	9,000	1	7,000	3,6	7,500	3,6	9,000	1	7,000	3,6	7,500	
0	10,500	3,6	7,500	0	8,000	0	10,500	3,6	7,500	0	8,000	
0	12	0	8,000	0	12	0	12	0	8,000	0	12	
		0	12					0	12			

Bilaga A 4(25)

Familj Rum 4 forts

		Dygn											
		7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000
1	16,000	3,6	14,000	1	16,000	1	16,000	3,6	14,000	1	16,000	3,6	14,000
2	17,000	0	15,000	2	17,000	2	17,000	0	15,000	2	17,000	0	15,000
3,6	18,000	2	17,000	3,6	18,000	3,6	18,000	2	17,000	3,6	18,000	2	17,000
0	19,000	3,6	18,000	0	19,000	0	19,000	3,6	18,000	0	19,000	3,6	18,000
1	8,500	0	19,000	1	7,000	1	8,500	0	19,000	1	7,000	0	19,000
3,6	9,000	1	7,000	3,6	7,500	3,6	9,000	1	7,000	3,6	7,500	1	7,000
0	10,500	3,6	7,500	0	8,000	0	10,500	3,6	7,500	0	8,000	0	8,000
0	12	0	8,000	0	12	0	12	0	8,000	0	12	0	12,000
			0		12				0		12		

Familj Antal personer vid olika tidpunkter i rum 5

		Dygn											
		1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000
2,6	20,000	2,6	21,000	2,6	20,000	2,6	20,000	2,6	21,000	2,6	20,000	2,6	20,000
0	20,500	0	21,500	0	20,500	0	20,500	0	21,500	0	20,500	0	20,500
2	21,500	2	23,000	2	21,500	2	21,500	2	23,000	2	21,500	2	21,500
0	22,000	0	23,500	0	22,000	0	22,000	0	23,500	0	22,000	0	22,000
2	8,000	2	6,500	2	6,500	2	8,000	2	6,500	2	6,500	2	6,500
2,6	8,500	2,6	7,000	2,6	7,000	2,6	8,500	2,6	7,000	2,6	7,000	2,6	7,000
0	9,000	0	7,500	0	7,500	0	9,000	0	7,500	0	7,500	0	7,500
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12

Familj Rum 5 forts

		Dygn											
		7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000	0	12,000
2,6	20,000	2,6	21,000	2,6	20,000	2,6	20,000	2,6	21,000	2,6	20,000	2,6	20,000
0	20,500	0	21,500	0	20,500	0	20,500	0	21,500	0	20,500	0	20,500
2	21,500	2	23,000	2	21,500	2	21,500	2	23,000	2	21,500	2	21,500
0	22,000	0	23,500	0	22,000	0	22,000	0	23,500	0	22,000	0	22,000
2	8,000	2	6,500	2	6,500	2	8,000	2	6,500	2	6,500	2	6,500
2,6	8,500	2,6	7,000	2,6	7,000	2,6	8,500	2,6	7,000	2,6	7,000	2,6	7,000
0	9,000	0	7,500	0	7,500	0	9,000	0	7,500	0	7,500	0	7,500
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12,000

Familj Antal personer vid olika tidpunkter i rum 6: Inga personer vistas i rum 6

Bilaga A 7(25)

Familj-slösa Internlast i rum 3

		Dygn									
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
100	12,000	100	12	100	12	100	12	100	12	100	12
290	19,000	1220	15	290	19	290	19	1280	15	290	19
0	21,500	220	15,5	0	21,5	0	21,5	280	15,5	0	21,5
200	7,500	100	16	100	6,5	240	7,5	150	16	100	6,5
100	8,500	290	19	100	12	100	8,5	290	19	100	12
100	12	290	12			100	12	0	23		
								100	6,5		
								100	12		

Familj-slösa Rum 3 forts

		Dygn									
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
100	12	100	12	100	12	100	12	100	12	100	12
290	19	1280	15	290	19	290	19	1280	15	290	19
0	21,5	280	15,5	0	21,5	0	21,5	280	15,5	0	21,5
240	7,5	150	16	100	6,5	240	7,5	150	16	100	6,5
100	8,5	290	19	100	12	100	8,5	290	19	100	12
100	12	0	23			100	12	0	23		
		100	6,5					100	6,5		
		100	12					100	12		

Familj-slösa Internlast i rum 4

		Dygn									
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
70	12	70	12	70	12	70	12	70	12	70	12
190	16	400	14	190	16	250	16	460	14	250	16
70	16,5	130	14,25	70	16,5	130	16,5	190	14,25	130	16,5
470	17	70	15	470	17	490	17	110	15	490	17
720	17,25	470	17	720	17,25	740	17,25	490	17	740	17,25
170	18	720	17,25	170	18	190	18	740	17,25	190	18
300	19	190	18	300	19	300	19	210	18	300	19
70	20,5	300	19	70	20,5	70	20,5	300	19	70	20,5
430	8,5	70	20,5	490	7	490	8,5	70	20,5	490	7
110	8,75	470	7	170	7,25	170	8,75	490	7	170	7,25
70	10,5	150	7,25	130	8	70	10,5	170	7,25	130	8
70	12	110	8	70	9	70	12	130	8	70	9
		70	9	70	12			70	9	70	12
		70	12					70	12		

Bilaga A 8(25)

Familj-slösa Rum 4 forts

		Dygn											
		7		8		9		10		11		12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
70	12	70	12	70	12	70	12	70	12	70	12	70	12
250	16	460	14	250	16	250	16	460	14	250	16	250	16
130	16,5	190	14,25	130	16,5	130	16,5	190	14,25	130	16,5	130	16,5
490	17	110	15	490	17	490	17	110	15	490	17	490	17
740	17,25	490	17	740	17,25	740	17,25	490	17	740	17,25	740	17,25
190	18	740	17,25	190	18	190	18	740	17,25	190	18	190	18
300	19	210	18	300	19	300	19	210	18	300	19	300	19
70	20,5	300	19	70	20,5	70	20,5	300	19	70	20,5	70	20,5
490	8,5	70	20,5	490	7	490	8,5	70	20,5	470	7	470	7
170	8,75	490	7	170	7,25	170	8,75	490	7	150	7,25	150	7,25
70	10,5	170	7,25	130	8	70	10,5	170	7,25	110	8	110	8
70	12	130	8	70	9	70	12	130	8	70	9	70	9
		70	9	70	12			70	9	70	12	70	12
		70	12					70	12			70	12

Familj-slösa Internlast i rum 5

		Dygn											
		1		2		3		4		5		6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	80	12	0	12	0	12	80	12	0	12	0	12
160	16	160	15	160	16	160	16	160	15	160	16	160	16
130	18	130	17	130	18	130	18	130	17	130	18	130	18
100	19	80	18	100	19	100	19	80	18	100	19	100	19
0	22	0	23,5	0	22	0	22	0	23,5	0	22	0	22
80	7,5	80	6,5	80	6,5	80	7,5	80	6,5	80	6,5	80	6,5
80	12	0	7,5	0	7,5	80	12	0	7,5	0	7,5	0	7,5
		0	12	0	12			0	12	0	12	0	12

Familj-slösa Rum 5 forts

		Dygn											
		7		8		9		10		11		12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	80	12	0	12	0	12	80	12	0	12	0	12
160	16	160	15	160	16	160	16	160	15	160	16	160	16
130	18	130	17	130	18	130	18	130	17	130	18	130	18
100	19	80	18	100	19	100	19	80	18	100	19	100	19
0	22	0	23,5	0	22	0	22	0	23,5	0	22	0	22
80	7,5	80	6,5	80	6,5	80	7,5	80	6,5	80	6,5	80	6,5
80	12	0	7,5	0	7,5	80	12	0	7,5	0	7,5	0	7,5
		0	12	0	12			0	12	0	12	0	12

Bilaga A 9(25)

Familj-slösa Internlast i rum 6

		Dygn											
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
20	12	50	12	20	12	20	12	50	12	20	12	20	12
50	16	20	0	50	16	50	16	20	0	50	16	50	16
20	22	20	12	20	22	20	22	20	12	20	22	20	22
50	8			20	12	50	8					20	12
50	12						50	12					

Familj-slösa Rum 6 forts

		Dygn											
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
20	12	50	12	20	12	20	12	50	12	20	12	20	12
50	16	20	0	50	16	50	16	20	0	50	16	50	16
20	22	20	12	20	22	20	22	20	12	20	22	20	22
50	8			20	12	50	8					20	12
50	12						50	12					

Bilaga A 12(25)

Familj-spara rum 2, forts

		Dygn											
		7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
60	16	60	15	60	16	60	16	60	15	60	16	60	16
0	18	0	18	0	18	0	18	0	18	0	18	0	18
80	20,5	80	21,5	80	20,5	80	20,5	80	21,5	80	21,5	80	20,5
0	21	0	22	0	21	0	21	0	22	0	22	0	21
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12

Familj-spara Internlast i rum 3

		Dygn											
		1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
140	19	1120	15	140	19	140	19	1180	15	140	19	140	19
0	21,5	120	15,5	0	21,5	0	21,5	180	15,5	0	21,5	0	21,5
100	7,5	0	16	0	12	140	7,5	0	16	0	12	0	12
0	8,5	140	19			0	8,5	140	19				
0	12	0	23			0	12	0	23				
		0	12					0	12				

Familj-spara rum 3, forts

		Dygn											
		7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
140	19	1180	15	140	19	140	19	1180	15	140	19	140	19
0	21,5	180	15,5	0	21,5	0	21,5	180	15,5	0	21,5	0	21,5
140	7,5	0	16	0	12	140	7,5	0	16	0	12	0	12
0	8,5	140	19			0	8,5	140	19				
0	12	0	23			0	12	0	23				
		0	12					0	12				

Familj-spara Internlast i rum 4

		Dygn											
		1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12
170	16	290	14	170	16	230	16	350	14	230	16	230	16
50	16,25	110	14,25	50	16,25	110	16,25	170	14,25	110	16,25	110	16,25
140	17	50	15	140	17	440	17	50	15	440	17	440	17
170	17,5	440	17	170	17,5	170	17,5	440	17	170	17,5	170	17,5
50	19	170	17,5	50	19	50	19	170	17,5	50	19	50	19
290	8,5	50	19	410	7	350	8,5	50	19	410	7	410	7
90	8,75	350	7	150	7,25	90	8,75	410	7	150	7,25	150	7,25
50	10,5	90	7,25	50	9	50	10,5	150	7,25	50	9	50	9
50	12	50	9	50	12	50	12	50	9	50	12	50	12
		50	12					50	12				

Familj-spara rum 4, forts

Dygn

Bilaga A 13(25)

7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12
230	16	350	14	230	16	230	16	350	14	230	16
110	16,25	170	14,25	110	16,25	110	16,25	170	14,25	110	16,25
440	17	50	15	440	17	440	17	50	15	440	17
170	17,5	440	17	170	17,5	170	17,5	440	17	170	17,5
50	19	170	17,5	50	19	50	19	170	17,5	50	19
350	8,5	50	19	410	7	350	8,5	50	19	350	7
90	8,75	410	7	150	7,25	90	8,75	410	7	90	7,25
50	10,5	150	7,25	50	9	50	10,5	150	7,25	50	9
50	12	50	9	50	12	50	12	50	9	50	12
		50	12					50	12		

Familj-spara Internlast i rum 5

Dygn											
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
60	20	60	21	60	20	60	20	60	21	60	20
0	20,5	0	21,5	0	20,5	0	20,5	0	21,5	0	20,5
60	21,5	60	23	60	21,5	60	21,5	60	23	60	21,5
0	22	0	23,5	0	22	0	22	0	23,5	0	22
60	8	60	6,5	60	6,5	60	8	60	6,5	60	6,5
0	9	0	7,5	0	7,5	0	9	0	7,5	0	7,5
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12

Familj-spara Rum 5, forts

Dygn											
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
60	20	60	21	60	20	60	20	60	21	60	20
0	20,5	0	21,5	0	20,5	0	20,5	0	21,5	0	20,5
60	21,5	60	23	60	21,5	60	21,5	60	23	60	21,5
0	22	0	23,5	0	22	0	22	0	23,5	0	22
60	8	60	6,5	60	6,5	60	8	60	6,5	60	6,5
0	9	0	7,5	0	7,5	0	9	0	7,5	0	7,5
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12

Familj-spara Rum 6, forts: Konstant interlast 10W

Pensionärspar, allmänt**Dörröppning****Pensionär Tidpunkter för öppning av dörr 1**

värde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
0	21,500	23,000	21,500	21,500	23,000	21,500	21,500	23,000	21,500	21,500	23,000	21,500
0	8,000	6,500	6,500	8,000	6,500	6,500	8,000	6,500	6,500	8,000	6,500	6,500
1												

Pensionär Tidpunkter för öppning av dörr 2: Alltid öppen**Pensionär Tidpunkter för öppning av dörr 3**

värde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
0	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000
0	13,000	15,000	13,000	13,000	15,000	13,000	13,000	15,000	13,000	13,000	15,000	13,000
1												
0	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000
0	17,000	19,000	17,000	17,000	19,000	17,000	17,000	19,000	17,000	17,000	19,000	17,000

Pensionär Tidpunkter för öppning av dörr 4: Alltid öppen**Personlast****Pensionär Antal personer vid olika tidpunkter i rum 1**

	Dygn												
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
2	21,5	2	23	2	21,5	2	21,5	2	23	2	21,5	2	21,5
0	8	1	6,5	1	6,5	0	8	1	6,5	1	6,5	0	8
0	12	0	8	0	8	0	12	0	8	0	8	0	8
		0	12	0	12			0	12	0	12	0	12

Pensionär personlast Rum 1 forts

	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
2	21,5	2	23	2	21,5	2	21,5	2	23	2	21,5	2	21,5
0	8	1	6,5	1	6,5	0	8	1	6,5	1	6,5	0	8
0	12	0	8	0	8	0	12	0	8	0	8	0	8
		0	12	0	12			0	12	0	12	0	12

Bilaga A 15(25)

Pensionär Antal personer vid olika tidpunkter i rum 2

		Dygn									
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
2	18	2	20	2	18	2	18	2	20	2	18
0	21	0	22,5	0	21	0	21	0	22,5	0	21
0	12	1	10	1	10	0	12	1	10	1	10
		0	12	0	12			0	12	0	12

Pensionär personlast Rum 2 forts

7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
2	18	2	20	2	18	2	18	2	20	2	18
0	21	0	22,5	0	21	0	21	0	22,5	0	21
0	12	1	10	1	10	0	12	1	10	1	10
		0	12	0	12			0	12	0	12

Pensionär Antal personer vid olika tidpunkter i rum 3

		Dygn									
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
0	12	4	15	0	12	0	12	4	15	0	12
		0	18					0	18		
		0	12					0	12		

Pensionär personlast Rum 3 forts

7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
0	12	4	15	0	12	0	12	4	15	0	12
		0	18					0	18		
		0	12					0	12		

Pensionär Antal personer vid olika tidpunkter i rum 4

		Dygn									
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
1	12	0	12	1	12	1	12	0	11	1	12
0	14	2	14	0	14	0	14	2	14	0	14
2	16	0	15	2	16	2	16	0	15	2	16
0	18	2	18	0	18	0	18	2	18	0	18
2	9	0	20	1	7	2	9	0	20	1	7
0	11	1	7	0	8	0	11	1	7	0	8
0	12	0	8	1	8,5	0	12	0	8	1	8,5
		1	8,5	0	10			1	8,5	0	10
		0	10	1	12			0	10	1	12
		1	12					1	12		

Bilaga A 16(25)

Pensionär personlast Rum 4 forts

7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
1	12	0	12	1	12	1	12	0	12	1	12
0	14	2	14	0	14	0	14	2	14	0	14
2	16	0	15	2	16	2	16	0	15	2	16
0	18	2	18	0	18	0	18	2	18	0	18
2	9	0	20	1	7	2	9	0	20	1	7
0	11	1	7	0	8	0	11	1	7	0	8
0	12	0	8	1	8,5	0	12	0	8	1	8,5
		1	8,5	0	10			1	8,5	0	10
		0	10	1	12			0	10	0	12
		1	12					1	12		

Pensionär Antal personer vid olika tidpunkter i rum 5

Dygn											
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
2	21	2	22,5	2	21	2	21	2	22,5	2	21
0	21,5	0	23	0	21,5	0	21,5	0	23	0	21,5
2	8	1	6,5	1	6,5	2	8	1	6,5	1	6,5
0	9	0	7	0	7	0	9	0	7	0	7
0	12	1	8	1	8	0	12	1	8	1	8
		0	8,5	0	8,5			0	8,5	0	8,5
		0	12	0	12			0	12	0	12

Pensionär personlast Rum 5 forts

7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
2	21	2	22,5	2	21	2	21	2	22,5	2	21
0	21,5	0	23	0	21,5	0	21,5	0	23	0	21,5
2	8	1	6,5	1	6,5	2	8	1	6,5	1	6,5
0	9	0	7	0	7	0	9	0	7	0	7
0	12	1	8	1	8	0	12	1	8	1	8
		0	8,5	0	8,5			0	8,5	0	8,5
		0	12	0	12			0	12	0	12

Pensionär Antal personer vid olika tidpunkter i rum 6: Inga personer vistas i rummet

Pensionärspar, slösa**Spiskåpa****Pensionär-slösa Tidpunkter för spiskåpans öppning**

värde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
1	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000
1	13,000	15,000	13,000	13,000	15,000	13,000	13,000	15,000	13,000	13,000	15,000	13,000
0												
1	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000
1	17,000	19,000	17,000	17,000	19,000	17,000	17,000	19,000	17,000	17,000	19,000	17,000
0												

Fönster**Pensionär Tidpunkter för öppning av fönster 1**

värde	1	2	3	4	5	Dygn 6	7	8	9	10	11	12
0,02												
0,2	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
0,2	9,000	9,000	8,500	8,500	8,500	8,250	8,250	8,250	8,500	8,500	8,500	9,000
0,02												

Pensionär Tidpunkter för öppning av fönster 2

värde	1	2	3	4	5	Dygn 6	7	8	9	10	11	12
0												
0,2	20,500	22,000	20,500	21,000	22,500	21,000	21,000	22,500	21,000	21,000	22,500	21,000
0,2	21,500	23,000	21,500	21,500	23,000	21,500	21,250	22,750	21,250	21,500	23,000	21,500
0												

Pensionär Tidpunkter för öppning av fönster 3

värde	1	2	3	4	5	Dygn 6	7	8	9	10	11	12
0	12,000		12,000	12,000		12,000	12,000		12,000	12,000		12,000
0,2		17,000			17,000			17,000			17,000	
0,2		18,000			17,500			17,250			17,500	
0	12,000		12,000	12,000		12,000	12,000		12,000	12,000		12,000

Bilaga A 18(25)

Pensionär Tidpunkter för öppning av fönster 4

	Dygn											
värde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
0,2	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000
0,2	12,750	14,750	12,750	12,500	14,500	12,500	12,250	14,250	12,250	12,500	14,500	12,500
0												
0,2	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000
0,2	16,750	18,750	16,750	16,500	18,500	16,500	16,250	18,250	16,250	16,500	18,500	16,500
0												

Internlast

Pensionär-slösa Internlast i rum 1

	Dygn												
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
80	21,5	80	23	80	21,5	25	17	25	17	25	17	25	17
0	22,5	0	23,5	0	22,5	105	21,5	105	23	105	21,5	105	21,5
0	12	0	12	0	12	0	22,5	0	23,5	0	22,5	0	22,5
						0	12	0	12	0	12	0	12

Pensionär-slösa Rum 1, forts

	Dygn												
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
25	17	25	17	25	17	25	17	25	17	25	17	25	17
105	21,5	105	23	105	21,5	105	21,5	105	23	105	21,5	105	21,5
0	22,5	0	23,5	0	22,5	0	22,5	0	23,5	0	22,5	0	22,5
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12

Pensionär-slösa Internlast i rum 2

	Dygn												
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
140	12	20	12	140	12	200	12	20	12	200	12	200	12
20	14	170	20	20	14	20	14	70	17	20	14	20	14
120	18	20	22,5	120	18	210	18	210	20	210	18	210	18
20	21	1120	10	20	21	20	21	20	22,5	20	21	20	21
20	12	140	10,25	1180	10	20	12	1180	10	1180	10	1180	10
		140	12	200	10,25			200	10,25	200	10,25	200	10,25
				200	12			200	12	200	12	200	12

Bilaga A 19(25)

Pensionär-slösa Rum 2, forts

		Dygn											
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
200	12	20	12	200	12	200	12	20	12	20	12	20	12
20	14	70	17	20	14	20	14	70	17	210	18		
210	18	210	20	210	18	210	18	210	20	20	21		
20	21	20	22,5	20	21	20	21	20	22,5	1120	10		
20	12	1180	10	1180	10	20	12	1180	10	140	10,25		
		200	10,25	200	10,25			200	10,25	20	12		
		200	12	200	12			20	12				

Pensionär-slösa Internlast i rum 3

		Dygn											
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	100	12	100	12	100	12	100	12	100	12	100	12
100	23	150	18	0	21,5	150	17	210	15	150	17		
100	8	0	23	100	6,5	0	21,5	150	18	0	21,5		
100	12	100	6,5	100	12	100	8	0	23	100	6,5		
		100	12			100	12	100	6,5	100	12		
								100	12				

Pensionär-slösa Rum 3, forts

		Dygn											
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
100	12	100	12	100	12	100	12	100	12	100	12	100	12
150	17	210	15	150	17	150	17	210	15	150	17		
0	21,5	150	18	0	21,5	0	21,5	150	18	0	21,5		
100	8	0	23	100	6,5	100	8	0	23	100	6,5		
100	12	100	6,5	100	12	100	12	100	6,5	0	12		
		100	12					100	12				

Bilaga A 20(25)

Pensionär-slösa Internlast i rum 4

		Dygn									
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
310	12	70	12	310	12	410	12	110	12	410	12
620	12,25	310	14	620	12,25	720	12,25	410	14	720	12,25
100	12,75	100	14,25	100	12,75	200	12,75	200	14,25	200	12,75
70	14	220	14,75	70	14	110	14	320	14,75	110	14
310	16	70	15	310	16	410	16	110	15	410	16
170	16,5	350	18	170	16,5	230	16,5	410	18	230	16,5
170	18	170	18,5	170	18	210	18	230	18,5	210	18
70	19,5	210	20	70	19,5	70	19,5	210	20	70	19,5
430	9	70	21,5	430	7	430	9	70	21,5	430	7
220	9,25	430	7	220	7,25	220	9,25	430	7	220	7,25
70	11	220	7,25	170	8	110	11	220	7,25	170	8
70	12	170	8	310	8,5	110	12	170	8	310	8,5
		310	8,5	190	8,6			310	8,5	190	8,75
		130	8,75	130	10			190	8,75	130	10
		90	10	410	12			130	10	410	12
		310	12					410	12		

Pensionär-slösa Rum 4, forts

		Dygn									
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
410	12	110	12	410	12	410	12	110	12	410	12
720	12,25	410	14	720	12,25	720	12,25	410	14	720	12,25
200	12,75	200	14,25	200	12,75	200	12,75	200	14,25	200	12,75
110	14	320	14,75	110	14	110	14	320	14,75	110	14
410	16	110	15	410	16	410	16	110	15	410	16
230	16,5	410	18	230	16,5	230	16,5	410	18	230	16,5
210	18	230	18,5	210	18	210	18	230	18,5	210	18
70	19,5	210	20	70	19,5	70	19,5	210	20	70	19,5
430	9	70	21,5	430	7	430	9	70	21,5	430	7
220	9,25	430	7	220	7,25	220	9,25	430	7	220	7,25
110	11	220	7,25	170	8	110	11	220	7,25	170	8
110	12	170	8	310	8,5	110	12	170	8	310	8,5
		310	8,5	190	8,75			310	8,5	130	8,75
		190	8,75	130	10			190	8,75	90	10
		130	10	410	12			130	10	310	12
		410	12					410	12		

Bilaga A 21(25)

Pensionär-slösa Internlast i rum 5

Dygn											
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
80	12	80	12	80	12	80	12	80	12	80	12
0	21,5	0	23	220	16	0	21,5	0	23	220	16
80	8	80	6,5	190	18	80	8	80	6,5	190	18
80	12	80	12	80	19	80	12	80	12	80	19
				0	21,5					0	21,5
				80	6,5					80	6,5
				80	12					80	12

Pensionär-slösa Rum 5, forts

Dygn											
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
80	12	80	12	80	12	80	12	80	12	80	12
0	21,5	0	23	220	16	0	21,5	0	23	220	16
80	8	80	6,5	190	18	80	8	80	6,5	190	18
80	12	80	12	80	19	80	12	80	12	80	19
				0	21,5					0	21,5
				80	6,5					80	6,5
				80	12					80	12

Pensionär-slösa Internlast i rum 6

Dygn											
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
20	12	20	12	20	12	50	12	50	12	50	12
20	12	20	12	50	6,5	20	21,5	20	21,5	20	23
				50	12	50	6,5	50	8	50	6,5
						50	12	50	12	50	12

Pensionär-slösa Rum 6, forts

Dygn											
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12
20	21,5	20	23	20	21,5	20	21,5	20	23	20	21,5
50	8	50	6,5	50	6,5	50	8	50	6,5	20	12
50	12	50	12	50	12	50	12	50	12		

Pensionärspar, spara

Spiskåpa

Pensionär-spara Tidpunkter för spiskåpans öppning

värde	Dygn											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
1	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000	12,000	14,000	12,000
1	12,500	14,500	12,500	12,500	14,500	12,500	12,500	14,500	12,500	12,500	14,500	12,500
0												
1	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000	16,000	18,000	16,000
1	16,500	18,500	16,500	16,500	18,500	16,500	16,500	18,500	16,500	16,500	18,500	16,500
0												

Fönster

Pensionär-spara Tidpunkter för öppning av fönster 1

värde	Dygn											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
0,4	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
0,4	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070	8,070
0												

Pensionär-spara Tidpunkter för öppning av fönster 2

värde	Dygn											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
0,4	20,000	21,000	20,000	20,000	21,000	20,000	20,000	21,000	20,000	20,000	21,000	20,000
0,4	20,070	21,070	20,070	20,070	21,070	20,070	20,070	21,070	20,070	20,070	21,070	20,070
0												

Pensionär-spara Tidpunkter för öppning av fönster 3

värde	Dygn											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	12		12	12		12	12		12	12		12
0,4		17,000			17,000			17,000			17,000	
0,4		17,070			17,070			17,070			17,070	
0	12		12	12		12	12		12	12		12

Bilaga A 23(25)

Pensionär-spara Tidpunkter för öppning av fönster 4

	Dygn											
värde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
0,4	12,500	14,000	14,500	12,500	14,500	12,500	12,500	14,500	12,500	12,500	14,500	12,500
0,4	12,570	14,570	14,570	12,570	14,570	12,570	12,570	14,570	12,570	12,570	14,570	12,570
0												
0,4	16,500	18,000	18,500	16,500	18,500	16,500	16,500	18,500	16,500	16,500	18,500	16,500
0,4	16,570	18,570	18,570	16,570	18,570	16,570	16,570	18,570	16,570	16,570	18,570	16,570
0												

Internlast

Pensionär-spara Internlast i rum 1

	Dygn												
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
80	21,5	80	23	80	21,5	80	21,5	80	23	80	21,5	80	21,5
0	22,5	0	23,5	0	22,5	0	22,5	0	23,5	0	22,5	0	22,5
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12

Pensionär-spara Rum 1, forts

	Dygn												
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
80	23	80	23	80	21,5	80	21,5	80	23	80	21,5	80	21,5
0	23,5	0	23,5	0	22,5	0	22,5	0	23,5	0	22,5	0	22,5
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12

Pensionär-spara Internlast i rum 2

	Dygn												
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	21	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
100	18	100	20	100	18	140	18	140	20	140	18	140	18
0	21	0	22,5	0	21	0	21	0	22,5	0	21	0	21
0	12	1000	10	1060	10	0	12	1060	10	1060	10	1060	10
			120	10,25	180	10,25			180	10,25	180	10,25	180
			0	12	0	12			0	12	0	12	0

Bilaga A 24(25)

Pensionär-spara Rum 2, forts

		Dygn											
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
140	18	140	20	140	18	140	18	140	20	140	18	140	18
0	21	0	22,5	0	21	0	21	0	22,5	0	21	0	21
0	12	1060	10	1060	10	0	12	1060	10	1000	10	0	12
		180	10,25	180	10,25			180	10,25	120	10,25		
		0	12	0	12			0	12	0	12		

Pensionär-spara Internlast i rum 3

		Dygn											
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
0	12	0	12	0	12	0	12	60	15	0	12	0	12
								0	18				
								0	12				

Pensionär-spara Rum 3, forts

		Dygn											
	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
0	12	60	15	0	12	0	12	60	15	0	12	0	12
		0	18					0	18				
		0	12					0	12				

Pensionär-spara Internlast i rum 4

		Dygn											
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
290	12	50	12	350	12	290	12	50	12	350	12	290	12
80	12,25	290	14	140	12,25	80	12,25	350	14	140	12,25	80	12,25
50	14	80	14,25	50	14	50	14	140	14,5	50	14	50	14
350	16	50	15	350	16	350	16	50	15	350	16	350	16
140	16,5	350	18	140	16,5	140	16,5	350	18	140	16,5	140	16,5
50	18	140	18,5	50	18	50	18	140	18,5	50	18	50	18
190	9	50	20	250	7	230	9	50	20	250	7	190	9
70	9,25	190	7	110	7,25	130	9,25	250	7	110	7,25	70	9,25
50	11	110	7,25	50	8	50	11	110	7,25	50	8	50	8
50	12	50	8	250	8,5	50	12	50	8	250	8,5	50	8,5
		190	8,5	70	8,6			250	8,5	130	8,6		
		130	8,6	50	10			130	8,6	50	10		
		50	10	290	12			50	10	350	12		
		350	12					350	12				

Bilaga A 25(25)

Pensionär-spara Rum 4, forts

		Dygn									
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
350	12	50	12	350	12	350	12	50	12	350	12
140	12,25	350	14	140	12,25	140	12,25	350	14	140	12,25
50	14	140	14,25	50	14	50	14	140	14,25	50	14
350	16	50	15	350	16	350	16	50	15	350	16
140	16,5	350	18	140	16,5	140	16,5	350	18	140	16,5
50	18	140	18,5	50	18	50	18	140	18,5	50	18
230	9	50	20	250	7	230	9	50	20	190	7
130	9,25	250	7	110	7,25	130	9,25	250	7	110	7,25
50	11	110	7,25	50	8	50	11	110	7,25	50	8
50	12	50	8	250	8,5	50	12	50	8	190	8,5
		250	8,5	130	8,6			250	8,5	130	8,6
		130	8,6	50	10			130	8,6	50	10
		50	10	350	12			50	10	50	12
		350	12					350	12		

Pensionär-spara Internlast i rum 5

		Dygn									
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
60	21	60	21	60	22,5	60	21	60	21	60	22,5
0	21,5	0	21,5	0	23	0	21,5	0	21,5	0	23
60	6,5	60	8	60	6,5	60	6,5	60	8	60	6,5
0	7	0	9	0	7	0	7	0	9	0	7
60	8	0	12	60	8	60	8	0	12	60	8
0	8,5			0	8,5	0	8,5			0	8,5
0	12			0	12	0	12			0	12

Pensionär-spara Rum 5, forts

		Dygn									
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt	värde	tidpunkt
0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
60	21	60	21	60	22,5	60	21	60	21	60	22,5
0	21,5	0	21,5	0	23	0	21,5	0	21,5	0	23
60	6,5	60	8	60	6,5	60	6,5	60	8	60	6,5
0	7	0	9	0	7	0	7	0	9	0	7
60	8	0	12	60	8	60	8	0	12	60	8
0	8,5			0	8,5	0	8,5			0	8,5
0	12			0	12	0	12			0	12

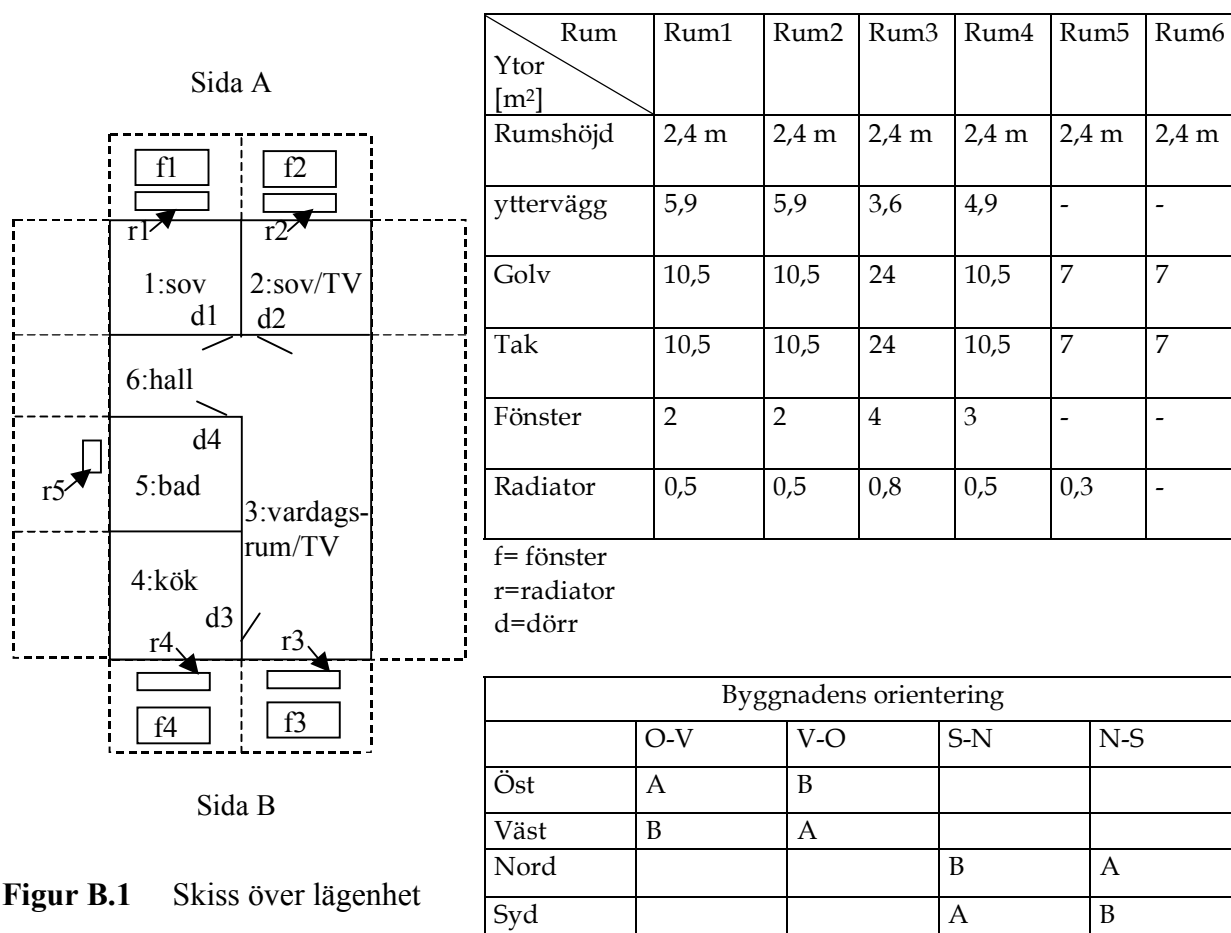
Pensionär-spara Rum 6, forts: Konstant interlast 10W

B Lägenhetsmodell

B.1 Yttre utformning

Lägenheten består av tre rum och kök. Rum 1 och 2 används som sovrum, rum 3 som vardagsrum, rum 4 som kök, rum 5 som badrum och slutligen rum 6 som hall. Lägenheten är på totalt 70m² (10 x 7 m)

Tabell B.1 Beskrivning av lägenhetens ytor och orientering



Figur B.1 Skiss över lägenhet

Rum 1, 4, 5, 6 har ena sidan vänd mot ett trapphus medan rummen 2 och 3 har sin ena sida mot en liknande lägenhet. På andra sidan de lägenhetsskiljande väggarna är temperaturen satt till fixt 20 °C. Temperaturen på undersida golvbjälklag har satts lika med temperaturen på undersida takbjälklag och ovansida takbjälklag har satts lika med ovansida golvbjälklag.

De olika byggnadsdelarnas konstruktioner finns beskrivna i tabell 2. De lägenhetsskiljande väggarna är delade i tre skikt. De lägenhetsskiljande väggarnas insida och mellanskikt har samma uppbyggnad som yttreväggarnas. På utsidan av de lägenhetsskiljande väggarna ligger ett skikt med låg värmekapacitet och

Bilaga B 2(5)

mycket högt värmemotstånd, detta för att minimera inverkan av temperaturen på utsidan väggen.

Tabell B.2 Konstruktionsdata för väggar och fönster.

Konstruktion	Material	Värmeledning [W/m]	Densitet [kg/m ³]	Värme-kapacitet [J/kg K]	Tjocklek [m]	Värme-kapacitet [J/m ² K]	Värme-motstånd [m ² K/W]
Innervägg med isolering					0,146	55506,86	2,509804
	Gips	0,022	970	1090	0,026	27489,8	1,181818
	30mmLuftspalt	0,17	1,2	1006	0,032	38,6304	0,188235
	Lättisolering	0,036	20	750	0,03	450	0,833333
	30mmLuftspalt	0,17	1,2	1006	0,032	38,6304	0,188235
	Gips	0,22	970	1090	0,026	27489,8	0,118182
Tung Yttervägg					0,3	305850	4,254902
	Betong	1,7	2300	880	0,15	303600	0,088235
	Lättisolering	0,036	20	750	0,15	2250	4,166667
	Betong	1,7	2300	880	0,08	161920	0,047059
	Fiktiv utsida vid lägenhetskiljande vägg				1200	4000	
Tungt Bjälklag					0,255	511060	0,174837
	Plastmatta	0,18	1100	920	0,005	5060	0,027778
	Betong	1,7	2300	880	0,25	506000	0,147059
Fönster							0,2
	Insida, glas					4200	
	Utsida, glas					4200	

B.2 Radiatorsystem

Uppvärmningen sker med ett vattenburet radiatorsystem, med nedanstående effekter i respektive rum vid dimensionerande fall. Här används -10°C som dimensionerande utetemperatur, då vårt testår aldrig understiger den temperaturen. Radiatorsystemets pump startar då utomhustemperaturen understiger 12°C

Tabell B.3 Valda radiatoreffekter[W] vid dimensionerande tillstånd och rumstemperaturen 20°C .

Effekt [W]	Radiator 1	Radiator 2	Radiator 3	Radiator 4	Radiator 5
45°C fram -10°C ute	438	438	723	438	70
50°C fram -10°C ute	526	526	867	526	84

B.3 Ventilationssystem

Lägenheten har ett frånluftssystem. För att ta hänsyn till de termiska stigkrafterna beräknas flödena enligt principen

$$V = V_0 + dV_{forc} + dV \cdot T_{ute} \quad \text{ekv B1}$$

Värden för dessa parametrar redovisas i tabell 3.3. V_0 är ventilationsflödet till rummet vid grundflöde. Parametern dV_{forc} används för att beskriva hur luftflödena ändras då spiskåpan i köket sätts i forcerat läge. För dV_{forc} gäller att värdet är noll vid normalt flöde, först vid forcerat flöde antar dV_{forc} värdet enligt nedanstående tabell. Faktorn dV anger hur mycket ventilationsflödet ändras beroende på utetemperaturen. Rum 6 saknar frånluft och tillförsel av uteluft.

Tabell B.4 Parametrar för beskrivning av ventilationsflöde till och från respektive rum. U står för uteluftsflöde och F står för frånluftsflöde

Luftflöde [l/s]	Rum1, U	Rum2, U	Rum3, U	Rum4, F	Rum4, U	Rum5, F
V_0	8	8	8	3	10	17
dV_{forc}	8	8	10	4	30	0
dV	-0,02	-0,02	-0,02	-0,005	-0,025	-0,04

B.4 Klimat

Klimatet i SPber består av representativa dagar som är hopsatta till en kontinuerlig helhet på 288 timmar där varje dag representerar en månad.

B.4.1 Utetemperatur

Utomhustemperaturen ges av dagens medeltemperatur (\bar{t}_d) samt temperaturen vid dagens början (t_0) och slut (t_{24}), där föregående dags sluttemperatur är lika med aktuell dags starttemperatur.

Ovanstående temperatur data behandlas i SPsim med följande ekvationer

$$t_{ute} = k1 \cos\left(\frac{2\pi\tau_{kl}}{24}\right) + k2\tau + k3 \quad \text{ekv B.2}$$

$$k1 = t_{24} - dygn \cdot k2 - k3 \quad \text{ekv B.3}$$

$$k2 = t_{24} - t_0 \quad \text{ekv B.4}$$

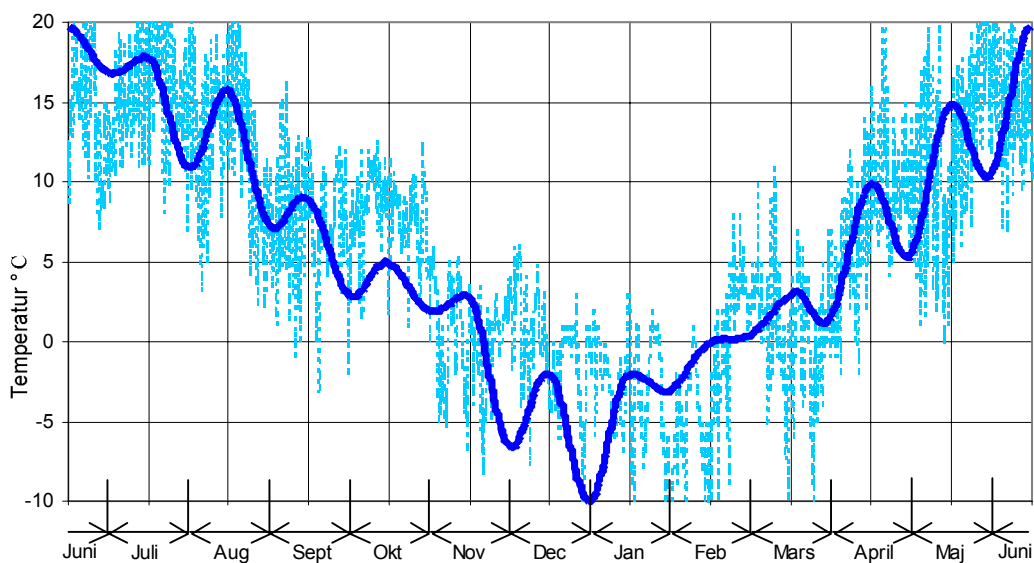
$$k3 = \bar{t}_d - (dygn - 0,5)k2 \quad \text{ekv B.5}$$

så att en kontinuerlig temperatur erhålls. τ_{kl} är klocktiden i timmar och τ är den löpande tiden. Parametrarna fås enligt tabellen nedan

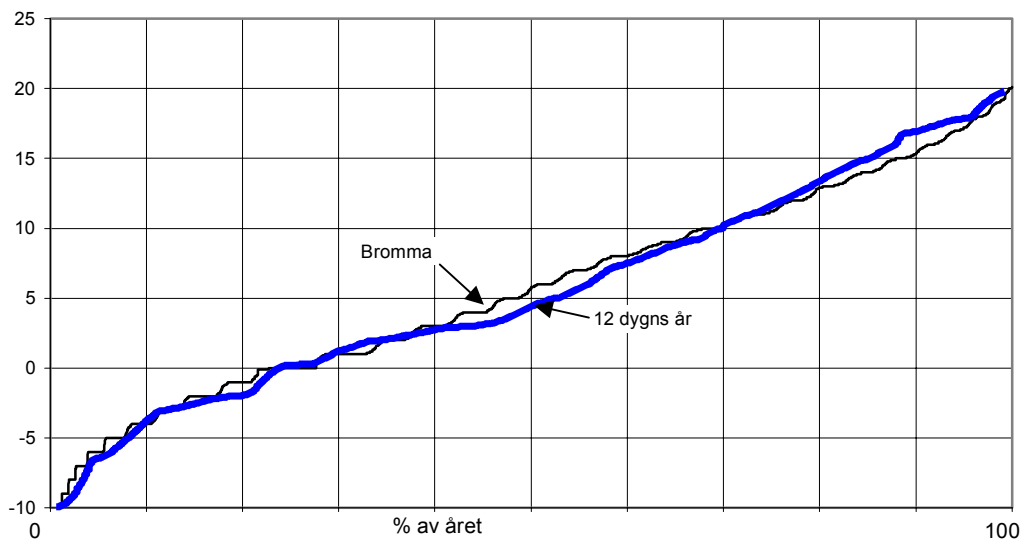
Tabell B.5 Parametrar för beskrivning av utomhustemperaturen för det år som används vid simuleringarna.

	Dag1 Juli	Dag2 Aug	Dag3 Sep	Dag4 Okt	Dag5 Nov	Da6 Dec	Dag7 Jan	Dag8 Feb	Dag9 Mars	Dag10 Apr	Dag11 Maj	Dag12 Jun
t_0	20	18	16	9	5	3	-2	-2	0	3	10	15
t_{24}	18	16	9	5	3	-20	-2	0	3	10	15	20
\bar{t}_d	18	14	10	5	3	-3	-6	-2	1	4	9	14

Tolvdygns året får nedanstående utseende, här är det också jämfört med ett verkligt år, Bromma 1977.



Figur B.2 Det simulerade året jämfört med utetemperaturen i Bromma 1977



Figur B.3 Varaktighetsdiagram (% av året då temperaturen överstiger en viss nivå) för det år som används vid simuleringarna. Jämförelse sker med klimatet för Bromma 1977.

B.4.2 Korrigering för årlig energianvändning

För att bedöma den årliga energianvändningen baserat på simuleringar med SPsim måste de simulerade värdena räknas om enligt ekvation B.6.

$$E_{\text{år},\text{radiator}} = 27 \cdot E_{\text{sim},\text{radiator}} \quad \text{ekv B.6}$$

Detta värde är härlett ur skillnaden i gradtimmar mellan det simulerade året antal gradtimmar som anges i VVS-handboken för Stockholm. Energianvändningen för de interna lasterna fås enligt ekvation B.7.

$$E_{\text{år},\text{int ernlast}} = 30,41 \cdot E_{\text{sim},\text{int ernlast}} \quad \text{ekv 3.3}$$

där faktorn 30,41 är kvoten mellan antal dagar under ett år och antal simulerade dagar.

B.4.3 Solinstrålning

Solinstrålningen ges av maximal instrålning (I_{Max}) mot de fyra väderstrecken samt mot en horisontell yta för varje dygn. För varje dygn finns också angivet när solen går upp (τ_{upp}), ned (τ_{ned}) och tiden då solinstrålningen har sitt största värde (τ_{max}). Dessa värden räknas sedan om med ett antal ekvationer i SPsim för att få solinstrålningen för varje timma. I tabellverk är solinstrålningen angiven som del som passerar genom ett 1-glas fönster, därför måste värdena korrigeras.

I nedanstående tabell redovisas totala solinstrålningen genom fönstren för de olika väderstrecken som simuleras i den här studien.

Tabell B.6 Total solinstrålning genom fönstren i den simuleradelägenheten beroende på dess orientering.

Total solinstrålning beroende på orientering [kWh/m ²]	Nord-Syd	Syd-Nord	Väst-Ost	Ost-Väst
	283	303	143	132

C Sammanställning av simuleringsresultat

Nedan redovisas resultatet av de simuleringar som gjorts i denna studie. Med värme menas den värme som har avgivits från radiatorerna till lägenheten. I begreppet el ingår den del av hushållselen som kommer lägenheten tillgodo som värme och den el som krävs för att driva fläkt och pump.

I tabellerna nedan är lägenhetens orientering förkortad enligt nedan:

N-S: Nord-Syd S-N: Syd-Nord V-O: Ost-Väst O-V: Ost-Väst

C.1 Grundläggande simuleringsomgång

Nedan redovisas de simuleringar som är gjorda för sparande och slösande familj respektive pensionärspar, för tre reglerstrategier.

Tabell C.1 Kod för resultatfiler. I angivelse av vädersträck står första bokstaven för den del av lägenheten som består av sovrum, sida A enligt figur 1.

	Pensionärspar				Barnfamilj			
	Spara		Slösa		Spara		Slösa	
Reglerstrategier	N-S	V-O	N-S	V-O	N-S	V-O	N-S	V-O
	S-N	O-V	S-N	O-V	S-N	O-V	S-N	O-V
Reglerande	psprns psprsn	psprvo psprov	pslrns pslrns	pslrvo pslrov	bsprns bsprsn	bsprvo bsprov	bslrns bslrns	bslrvo bslrov
Max begränsande	pspmns pspmnsn	pspmvo pspmov	pslmns pslmnsn	pslmvo pslmov	bspmns bspmnsn	bspmvo bspmov	bslmns bslmnsn	bslmvo bslmov
Konstant flöde	pspkns pspknsn	pspkvo pspkov	pslkns pslknsn	pslkvo pslkov	bspkns bspknsn	bspkvo bspkov	bslkns bslknsn	bslkvo bslkov

Tabell C2 Årlig energianvändning för alla profiler (värme+el). Alla värden är avrundade till närmaste kWh/m².

	Pensionärspar				Barnfamilj			
	Spara		Slösa		Spara		Slösa	
Reglerstrategier	N-S	V-O	N-S	V-O	N-S	V-O	N-S	V-O
	S-N	O-V	S-N	O-V	S-N	O-V	S-N	O-V
Reglerande	64+24 46+24	86+24 95+24	64+54 48+54	82+55 91+55	56+24 40+24	79+24 88+24	74+50 55+50	89+50 98+50
Max begränsande	76+25 63+24	86+25 89+25	76+55 61+55	84+55 88+56	71+25 56+24	83+25 86+25	81+50 63+50	86+51 90+51
Konstant flöde	79+25 73+25	87+25 89+25	79+56 74+56	85+56 88+56	76+25 70+25	84+25 87+25	83+51 76+51	87+51 90+51

Bilaga C 2(7)

Tabell C.3 Medelvärde för årlig energianvändning för alla profiler och olika orientering på lägenheten.

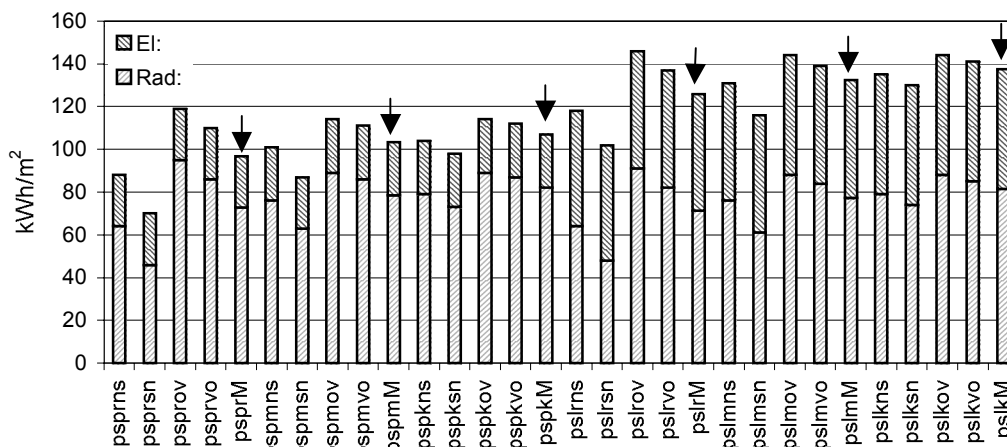
Reglerstrategier		Pensionärspar		Barnfamilj		Medel
		Spara	Slösa	Spara	Slösa	
Reglerande	Rad	73	71	66	79	72
	El	24	54	24	50	38
Max begränsande	Rad	78	77	74	80	77
	El	25	55	25	50	39
Konstant flöde	Rad	82	82	79	84	82
	El	25	56	25	51	39

Tabell C.4 Medeltemperaturen för lägenheterna baserat på ytterväggsyta. Endast temperaturer under uppvärmningssäsongen (Tute<12) är medräknade.

Reglerstrategier	Pensionärspar				Barnfamilj			
	Spara		Slösa		Spara		Slösa	
	N-S	V-O	N-S	V-O	N-S	V-O	N-S	V-O
Reglerande	S-N	O-V	S-N	O-V	S-N	O-V	S-N	O-V
	21,2	20,7	20,8	20,4	21,0	20,6	20,6	20,2
Max begränsande	21,5	20,4	21,2	20,3	21,5	20,5	21,1	20,1
	21,8	20,8	21,4	20,6	21,8	20,8	21,0	20,3
Konstant flöde	22,4	20,3	21,8	20,3	22,2	20,5	21,4	20,0
	22,2	20,8	21,5	20,6	22,0	20,9	21,0	20,3
	23,1	20,3	22,2	20,3	22,7	20,6	21,8	20,0

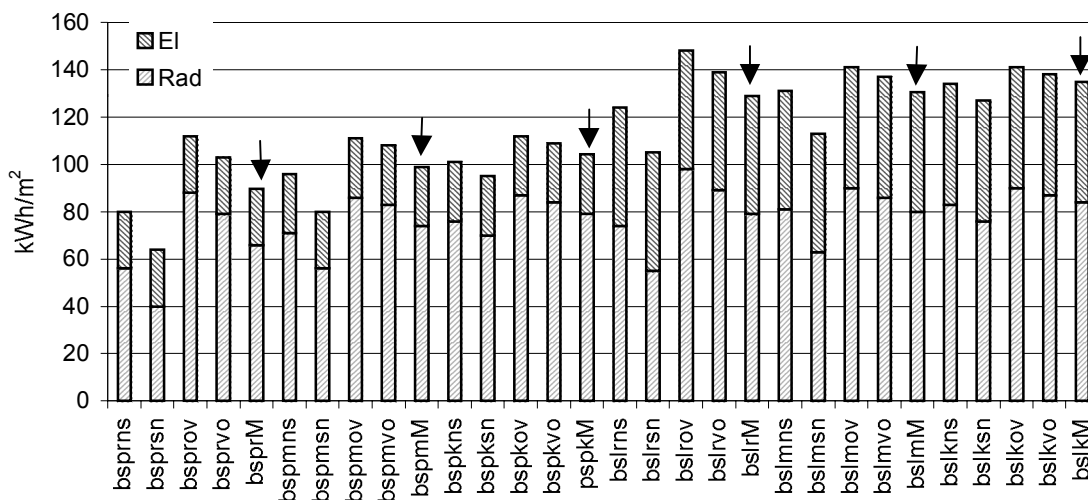
I figurerna nedan ges en grafisk sammanställning av resultaten. Pilarna pekar ut den stapel som anger medelvärdet för varje grupp av simuleringar t ex gruppen sparande pensionär och reglerande reglerstrategi vilken betecknas med psprXX där XX står för lägenhetens orientering.

Energianvändning (Pensionär)



Figur C.1 Sammanställning av energianvändning för radiator och el, pensionär. För avkodning av beteckningarna se tabell C.1.

Energianvändning (Familj)



Figur C.2 Sammanställning av energianvändning för radiator och el för barnfamilj. För avkodning av beteckningarna se tabell C.1.

C.2 Inverkan av vädringsprofil och internlast

I spara och slösa profilerna blandas inverkan av internlast och olika vädringsbeteende. För att separera vädringsprofilens inverkan från internlastens, har ytterligare simuleringar gjorts, med spara familjens internlast och slösa familjens vädringsprofil. Som jämförelse har simuleringar körts utan någon vädringsprofil för både spara och slösa fallen.

Bilaga C 4(7)

Tabell C.5 Fönstervädningens inverkan på den årliga energianvändningen för barnfamilj [kWh/m²].

Reglerstrategier		Barnfamilj					
		Internlast Spara			Internlast Slösa		
		Ingen vädning O-V	Spara vädning O-V	Slösa vädning O-V	Ingen vädning O-V	Spara vädning O-V	Slösa vädning O-V
Reglerande	Rad	87	88	109	74	75	98
	El	24	24	25	50	50	50
Max begränsande	Rad	86	86	93	81	81	90
	El	25	25	25	50	51	51
Konstant flöde	Rad	86	87	93	82	83	90
	El	25	25	25	51	51	51

Tabell C.6 Fönstervädningens inverkan på den årliga energianvändningen för pensionär.

Reglerstrategier		Pensionär					
		Internlast Spara			Internlast Slösa		
		Ingen vädning O-V	Spara vädning O-V	Slösa vädning O-V	Ingen vädning O-V	Spara vädning O-V	Slösa vädning O-V
Reglerande	Rad	95	95	106	78	79	91
	El	24	24	24	55	55	55
Max begränsande	Rad	89	89	92	83	83	88
	El	25	25	25	55	55	56
Konstant flöde	Rad	89	89	92	84	84	88
	El	25	25	25	56	56	56

Inverkan av vädningsprofil

Först kan noteras att energianvändningen då fönsteröppningsprofilen för spara beteendet används blir nästan identisk med fall då ingen profil används (fönstret öppnas då temperaturen är över 24°C).

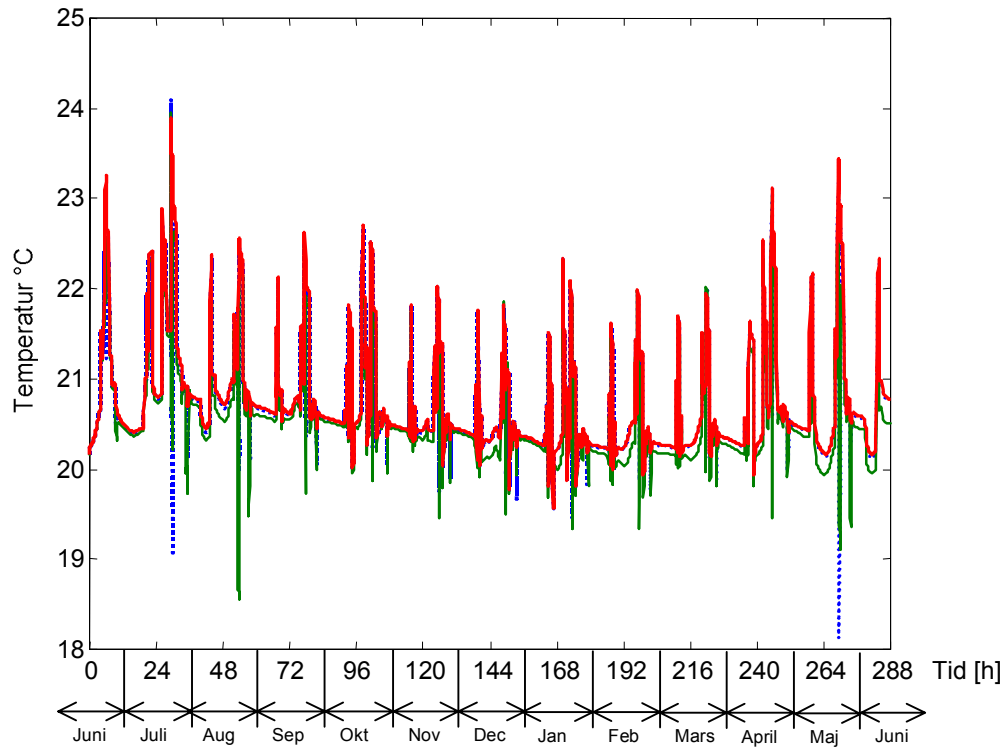
Resultatet ovan visar också att den *reglerande* reglerstrategin är mycket känslig för hur fönstervädningen sker. Behovet av radiatorvärme för sparande familj, varierar med 22 kWh/m² beroende på använd vädningsprofil. Motsvarande siffra för de andra strategierna är 7 kWh/m²

Inverkan av internlast

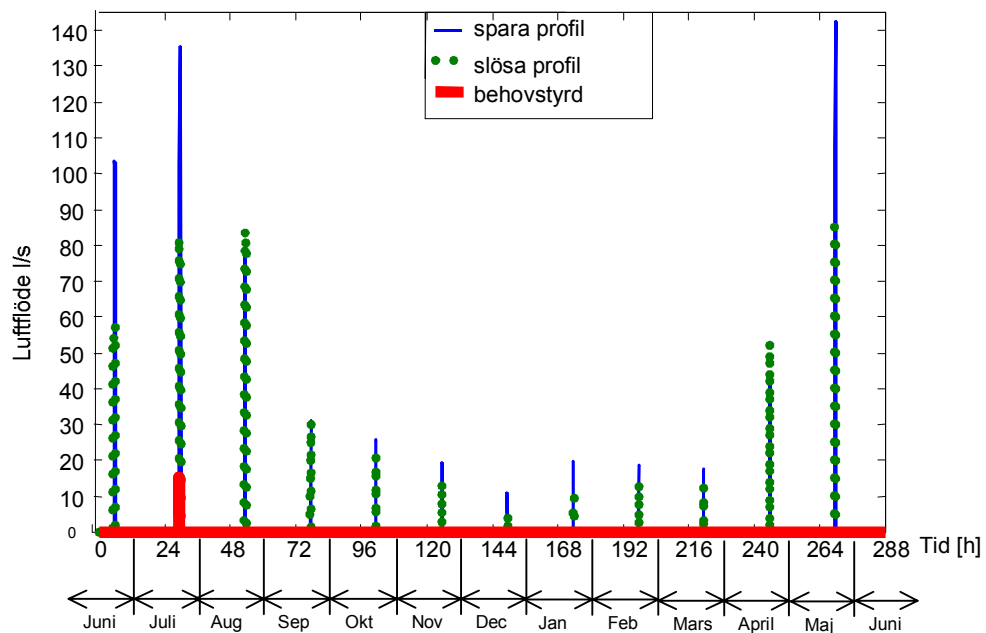
Störst förmåga att utnyttja internlasten för uppvärmning, har den *reglerande* reglerstrategin. Ser man till den sammanlagda energianvändningen (värme+el) för fallen med sparande respektive slösande familj, blir totala energianvändningen 13 kWh/m² för den slösande familjen. Motsvarande siffra för den maxbegränsande reglerstrategin är 21 kWh/m² vilket även gäller för konstant flöde. Detta innebär att de sistnämnda reglerstrategierna inte har förutsättningar att nyttiggöra höga internlast

Bilaga C 5(7)

I nedanstående figur visas skillnaden i rumstemperatur respektive flödet genom köksfönstret för en sparande barnfamilj med olika fönsterprofiler.



Figur C.3 Temperaturen i rum 4 (kök) för sparande familj med tre olika fönstervädringsprofiler. Förutom i de punkter fönstren öppnas är temperaturen nästan lika i de tre fallen.



Figur C.4 Luftflödet i rum 4 (kök) för de tre vädringsprofilerna, för sparande familj.

C.3 Energianvändning för en tom lägenhet

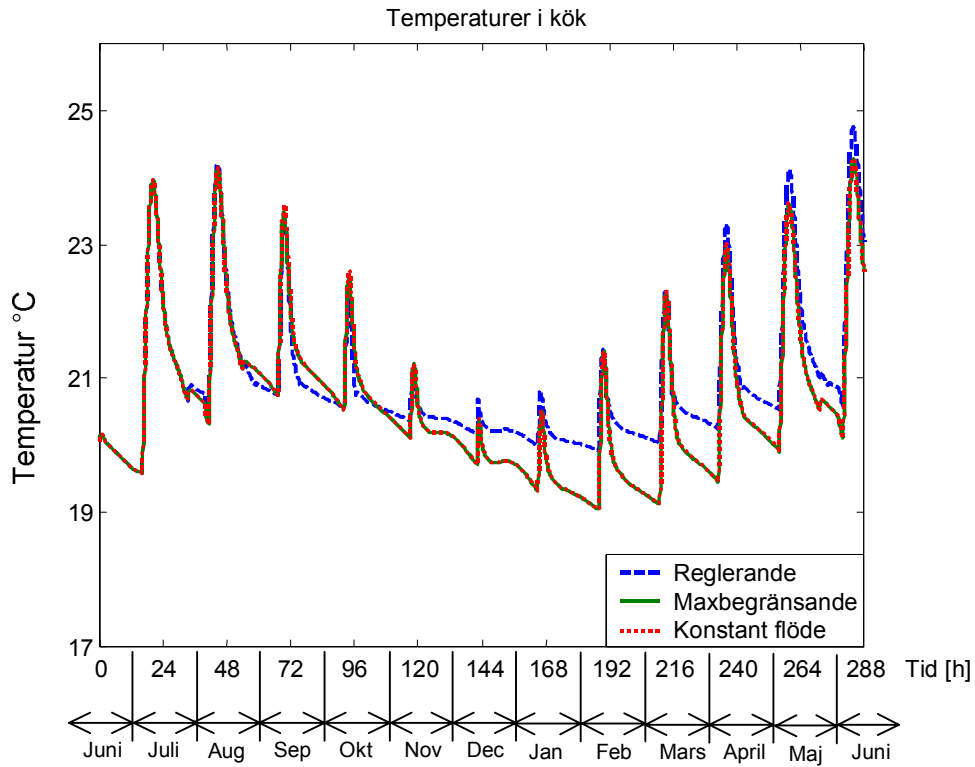
För att studera hur stor del av energianvändningen som är oberoende av de boendes beteende har simuleringar körts för alla väderstreck, men utan några laster i lägenheten.

Tabell C.7 Årlig energianvändning utan boende i lägenheten jämfört med fall med boende. Alla värden är avrundade till närmaste kWh/m². I tabellen anges värdena på formen radiatorvärmei+elenergi=total energi.

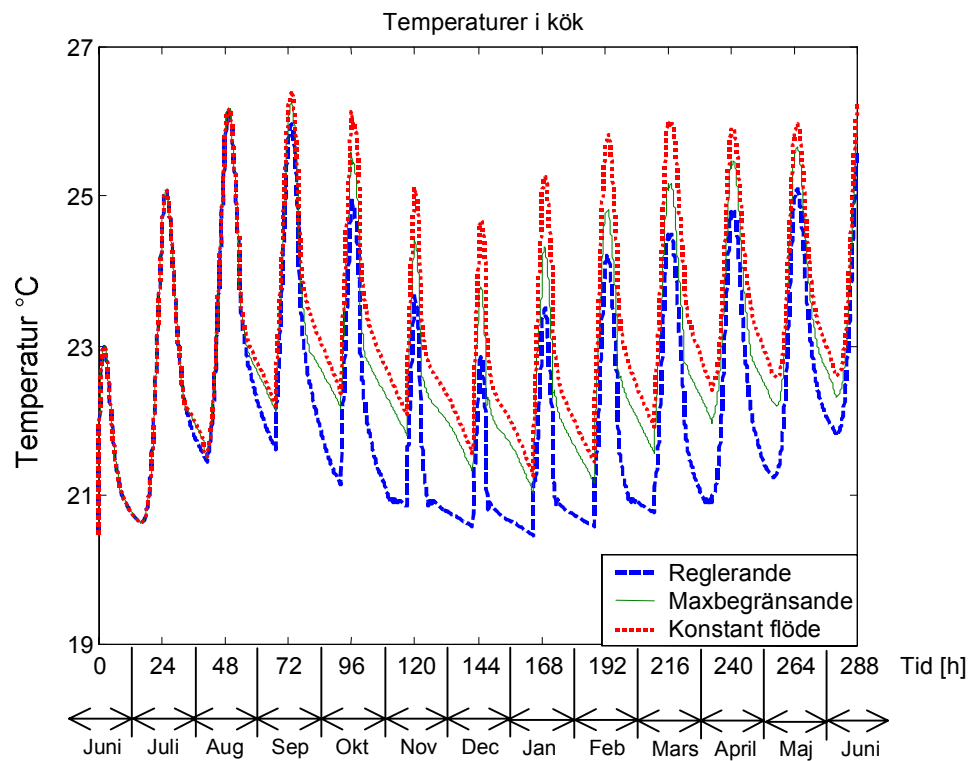
Reglerstrategier	Orientering		Medelvärden	
	N-S S-N	V-O O-V	Utan boende	Med boende
Reglerande	85+8=93 62+8=70	106+8=114 115+8=123	92+8=100	72+38=110
Max begränsande	85+9=94 72+9=81	93+9=102 97+9=106	87+9=96	77+39=116
Konstant flöde	86+9=95 78+9=87	93+9=102 97+9=106	89+9=98	82+39=121

Ovanstående tabell visar att den reglerande reglerstrategin utnyttjar den under dagen infallande solinstrålning på ett bättre sätt än dom övriga, men tar man ett medelvärde över alla orienteringar visar det sig att den maxbegränsande strategin ger något lägre energianvändning. Orsaken till dessa skillnader ser man i de nedanstående figurerna, den reglerande reglerstrategin håller en jämnare temperatur än de övriga, vilket är positivt då mycket sol finns tillgängligt och negativt vid lite sol. Man ser också att den reglerande strategin utnyttjar ”gratisvärme” bättre än de övriga.

Bilaga C 7(7)



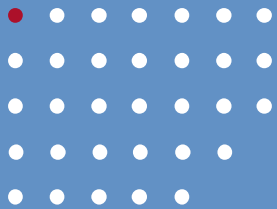
Figur C.5: Lufttemperaturer i kök för de tre reglerstrategierna då ingen befinner sig i lägenheten. Ost-västlig orientering.



Figur C.6: Lufttemperaturer i kök för de tre reglerstrategierna då ingen befinner sig i lägenheten. Syd-nordlig orientering.

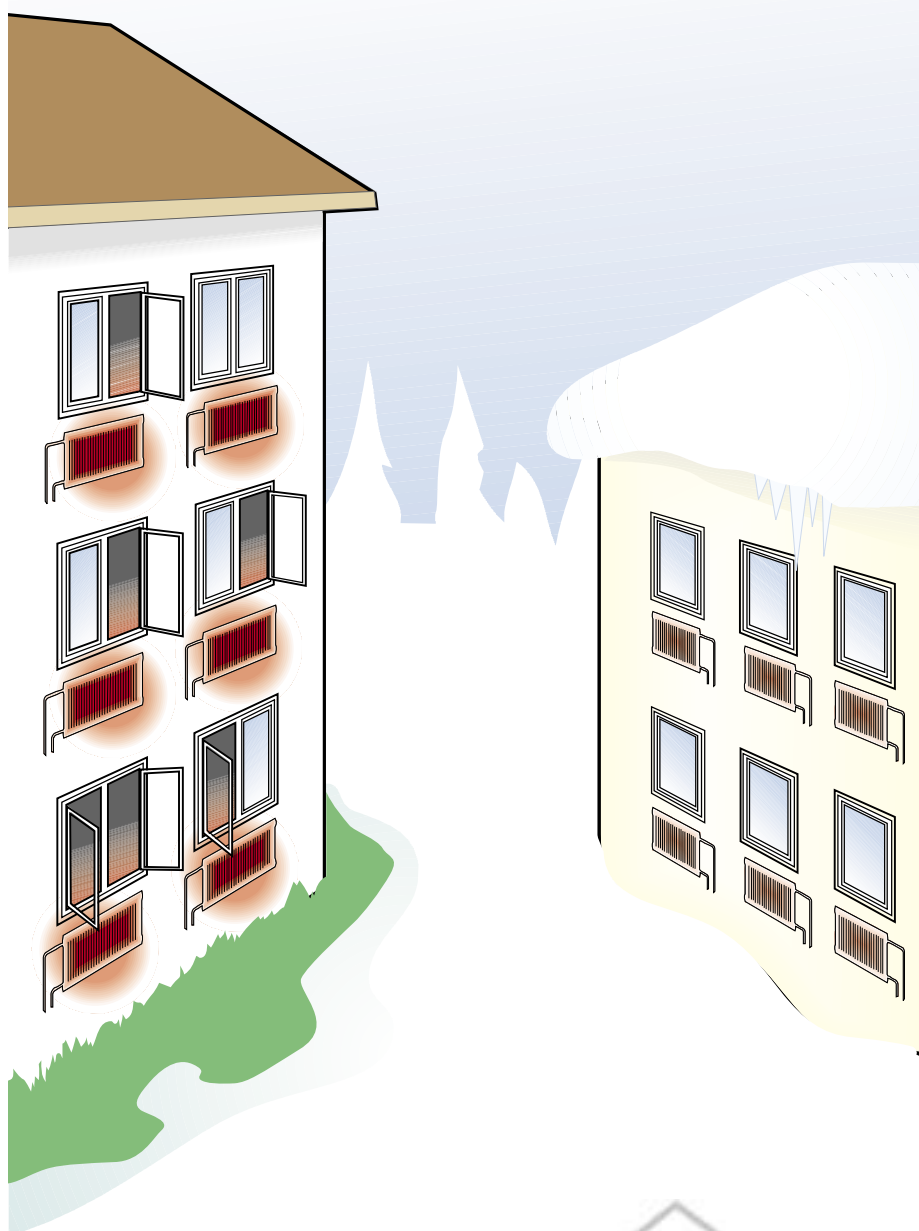
Denna rapport är framtagen i forskningsprogrammet EFFEKTIV som bedrivs inom Centrum för Effektiv Energianvändning (CEE).

CEE består av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.



Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i bostäder

Svein H. Ruud



Samverkan för effektiv och miljövänlig energianvändning i bostäder och lokaler



EFFEKTIV är ett samarbetsprojekt mellan staten och näringslivet med ELFORSK som koordinator. EFFEKTIV finansieras av följande parter:

- ELFORSK
- Borlänge Energi AB
- Borås Energi AB
- Elbolaget i Norden AB
- Falu Energi AB
- FORMAS
- Gräninge Kalmar Energi AB
- Göteborg Energi AB
- IMI Indoor Climate
- Jämtkraft AB
- Karlstads Energi AB
- Mälar Energi AB
- Skellefteå Kraft AB
- SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- Statens Energimyndighet
- Svensk Fjärrvärme
- Sydkraft AB
- Umeå Energi AB
- Uppsala Energi AB
- Vattenfall AB
- Öresundskraft AB

Förord:


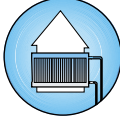



På senare år har forskningen om hur den boende kan påverka sin energianvändning ökat i betydelse. Inriktningen går också mot att hitta förlåtande teknik, d.v.s. teknik som kompenserar för användarens ur energisynpunkt felaktiga beteende. När det gäller flerbostadshus talar man också allt mer om individuell mätning och debitering av såväl värme- som varmvattenanvändning.

I vilken omfattning kan boende genom sitt beteende påverka sin energianvändning? Vilka andra faktorer finns det som inverkar på energianvändningen? En energieffektiv reglerstrategi skall kunna hantera fönstervädning på ett optimalt sätt samtidigt som den nyttiggör en stor del av värmeförlust från solinstrålning och värme som alstras från hushållsapparater och personer. I vilken omfattning påverkas den valda reglerstrategin av faktorer som storlek på bostadsbestånd, väderstreckorientering och de boendes beteende?

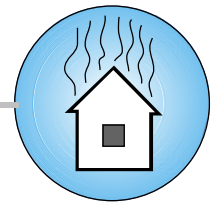
I denna skrift görs en översiktlig genomgång av de vanligast förekommande strategierna för styrning och reglering av uppvärmningssystem i bostäder, samt hur dessa kan påverkas av bl.a. den boendes beteende. Den bygger till stora delar på EFFEKTIV Rapport 2001:04, "Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus" [Eriksson, et al]. Tanken med föreliggande Temarapport har varit att ge en kortare och mer lättillgänglig beskrivning, men också att utöka den till att omfatta alla typer av bostäder, samt såväl vattenburen värme som direktverkande elvärme.

Svein H. Ruud, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Innehåll:

Bostäders energisystem Bostäders energianvändning Värmedistributionssystem för bostäder Något om reglerteori Reglerstrategier Dimensionering och injustering av värmesystem		4
Vad påverkar energianvändningen? Beteendets inverkan Inverkan av husets utformning och placering Värmeåtervinnande installationer		12
Skillnader mellan flerbostadshus och småhus		18
Sammanfattning		20
Referenser Mer att läsa		23

Bostäders energisystem

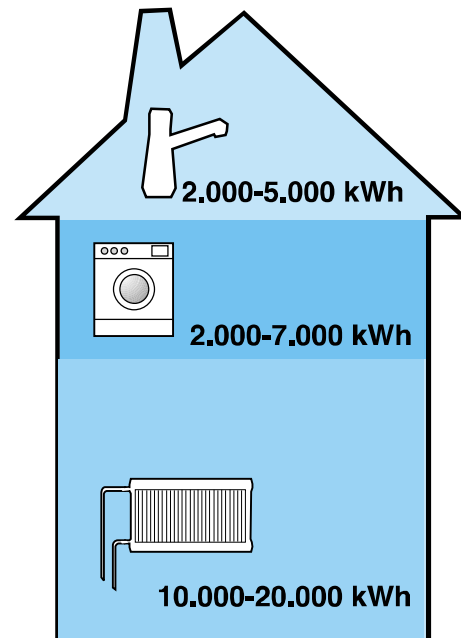


Bostäders energianvändning

Bostäders energianvändning kan delas upp i följande delar: Tappvarmvatten, Hushållsel och Uppvärmning. Den totala energianvändningen i svenska bostäder är idag cirka 90 TWh [SCB]. Av detta var energianvändningen för tappvarmvatten cirka 10 TWh [Wahlström] och hushållsel cirka 15 TWh [SCB].

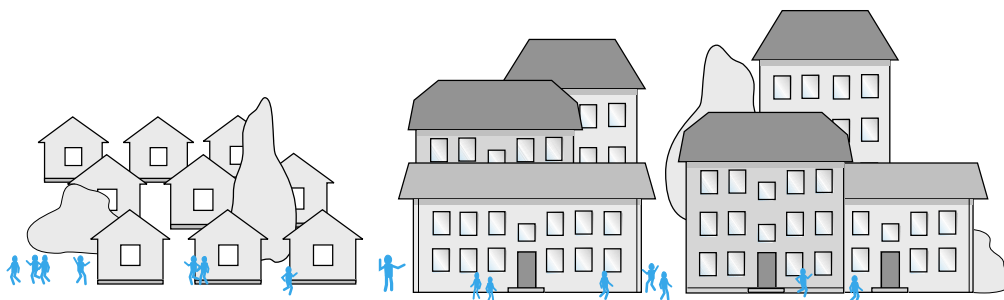
Om man i stället ser på fördelningen per bostad, lägenheter och villor, fås typiskt följande värden:

Tappvarmvatten	2000-5000 kWh/år/bostad
Hushållsel	2000-7000 kWh/år/bostad
Uppvärmning	10000-20000 kWh/år/bostad



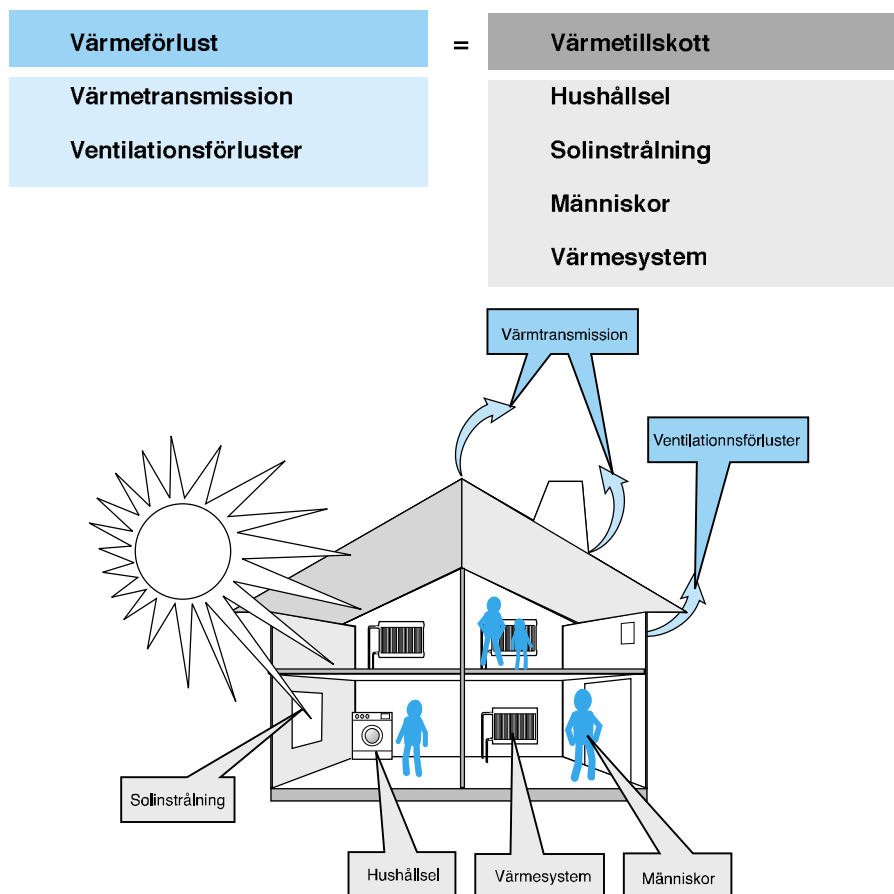
I det följande begränsas denna rapport till att endast studera energianvändning för hushållsel och uppvärmning, vilka direkt har en inverkan på bostadens värmebalans. Värmeläckage från t.ex. varmvattenberedare påverkar givetvis också värmebalansen, men är normalt relativt litet och kan därför ses som en del av övriga internlaster (personer, solinstrålning, etc).

Energianvändningen för beredning av tappvarmvatten kan som synes vara betydande och är givetvis starkt kopplat till de boendes beteende. Generellt använder boende i lägenheter mer varmvatten än boende i villor [Jannerland]. Det här beror främst på att boende i en villa har en direkt återkoppling till sin förbrukning genom de fakturor de betalar. Dock kommer vi inte i denna rapport att närmare ta upp de boendes beteende kopplat till varmvattenförbrukningen.



Bostadens energibalans

För att uppnå energibalans i en byggnad när utetemperaturen är lägre än önskad innetemperatur krävs att värmeförluster balanseras av ett lika stort värmetillskott:



I bostadshus är det normalt ett värmeunderskott som är avgörande för behovet av energi för klimathållning, d.v.s. för att se till att det är tillräckligt varmt i bostaden vintertid. För detta används någon typ av värmesystem.

För att minska övertemperaturer använder man sig i bostäder mycket sällan av energikrävande kylapparater [Nilsson], utan man öppnar fönster, skärmar av solen, etc. Det finns dock exempel på exklusiva bostäder där man installerat komfortkyla. Det är då ofta lägenheter med stora glasade ytor som släpper igenom mycket solvärme passivt.

För att uppnå en låg energianvändning är det viktigt att minska värmeförluster genom klimatskal och via ventilation så långt som möjligt.

Det finns idag experimentbebyggelse där man gått så långt när det gäller isolering av byggnadsskal och värmeåtervinning av värmen i ventilationsluften att man helt enkelt uteslutit ett traditionellt värmesystem [Ruud, et al]

Cirka 70-80 % av hushållselen omvandlas till värme som bidrar till bostadens värmotillskott. Resten blir direkta förluster via t.ex. spisfläkt, avlopp, etc [Lövehed].

Förutom bostadens geografiska placering och tid på året, beror solinstrålningens bidrag till värmotillskottet huvudsakligen på typ av fönster, samt fönsteryornas storlek och orientering. Vidare beror det givetvis på den boendes beteende när det gäller att aktivt använda sig av anordningar för solavskärmning (persienner och markiser) [Dubois].

Människor som vistas i en bostad avger normalt ett värmotillskott på 50-100 W per person beroende på ålder och aktivitetsnivå.

Värmedistributionssystem för bostäder

Det finns idag i huvudsakligen två olika sätt att distribuera värme i bostäder:

Direktverkande el Vattenburen värme

Dessa kan i sin tur delas in i olika undergrupper, vilka delvis påminner om varandra, men där förutsättningarna för att implementera olika styr- och reglerstrategier ibland är radikalt olika.

Direktverkande el:

Radiatorer/konvektorer (vanligast)

Konvektorer med fläkt (ovanligt)

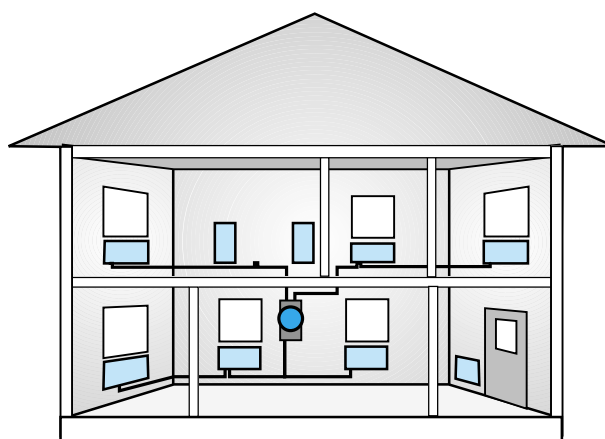
Slutna "luft"-radiatorer (vanligt)

Oljefyllda slutna radiatorer (vanligt idag)

Golvvärme (främst i badrum)

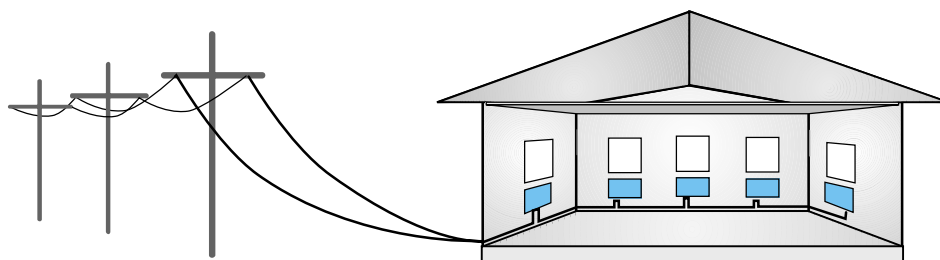
Takvärme (i en del 70-talshus)

Luftvärme (i en del 80-talshus)



Direktverkande el levereras normalt via ett gemensamt abonnemang tillsammans med hushållselen. Fördelen är att det ger ett billigt internt distributionssystem som normalt inte kräver något särskilt extra utrymme. En annan fördel är att distributionsförlusterna är minimala och att olika typer av modern styr och reglerutrustning relativt enkelt och billigt kan tillämpas. En nackdel i sammanhanget är att de billigaste och mest vanliga styr- och reglerutrustningarna inte kan hantera den boendes beteende med avseende på fönstervädring på ett energieffektivt sätt. Direktverkande el är därför mycket ovanligt i flerbostadshus, men relativt vanlig i småhus från mitten av 60-talet och framåt. En annan nackdel med direktverkande el är att man är bunden till en typ av "energikälla".

Konvertering till t.ex. fjärrvärme eller bergvärmepump blir normalt för dyr då man också måste investera i ett vattenburet värmedistributionssystem. Undantaget är luft-luft-värmepumpar, vilka är en typ av indirekt verkande eluppvärmning, eller att komplettera eluppvärmningen med kakelugn, braskamin, e.d. Att komplettera ett befintligt elvärmesystem med sådana punktvärme-källor kan dock leda till stora skillnader i lufttemperatur mellan olika rum i bostaden och leder inte alltid till en förväntad total låg energianvändning [Blomsterberg, et al].



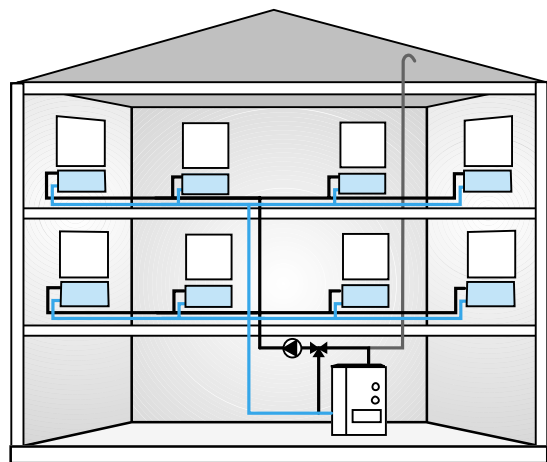
Vattenburen värme

Radiatorer (vanligast)

Konvektorer med fläkt (ovanligt)

Golvvärme (vanligt i småhus)

Luftvärme (ovanligt)



Vattenburen värme i flerbostadshus produceras och distribueras normalt via fjärrvärme. För småhus är det vanligast att den vattenburna värmen "produceras" inom bostaden, men även här blir fjärrvärme allt vanligare. Fördelen med ett vattenburet system är att man har en mycket större flexibilitet vid val av energikälla. Förutom indirekt el via en elpanna kan man välja och eventuellt kombinera alternativ såsom fjärrvärme, värmepumpar (berg, jord eller luft), solvärme, vedpanna, pelletspanna, m.m. Nackdelen är ett relativt komplicerat och dyrt internt distributionssystem, samt att det oftast kräver ett särskilt extra utrymme, typ pannrum.

Vid eldning med olja eller biobränsle krävs förutom pannan också utrymme för oljetank eller ved/pelletslager. Vid solvärmesystem och för att minimera miljöbelastningen vid biobränsleeldning krävs i de flesta fall att man har utrymme för en stor ackumulatortank.

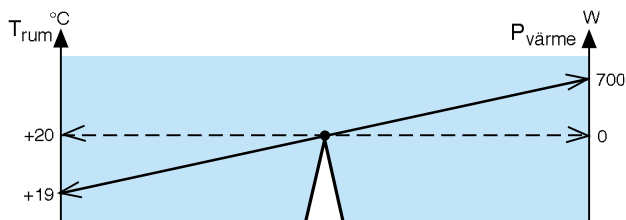
Undantaget är fjärrvärme, som normalt kräver väldigt lite utrymme för centrala installationer i bostaden. En annan nackdel med vattenburna system är att distributionsförlusterna är relativt höga. Detta gäller särskilt för golvvärmesystem, där man dels normalt har alldeles för lite isolering i bottenplattan [Roots, et al], dels har svårt att reglermässigt snabbt anpassa värmeavgivningen till behovet. För fjärrvärmesystem har man också stora förluster i fjärrvärmenätet. Ytterligare en nackdel med vattenburna system har hitintills varit att olika typer av mer avancerad styr- och reglerutrustning saknats för bostäder. Dock kan sägas att den traditionellt använda styr- och regler tekniken för vattenburen värme, trots sina brister i flera avseenden, kan hantera den boendes beteende med avseende på fönstervädring på ett bra sätt. Vattenburen värme är därför helt dominerande i flerbostadshus.

Kommentar: Nackdelen med ökade värmeförluster för golvvärmesystem kan i vissa sammanhang kompenseras av att man kan hålla en mycket lägre framledningstemperatur. Om värmen produceras med en värmepump kan denna då arbeta vid lägre temperaturnivå och därigenom uppnå en högre värmefaktor. Men även vid användning av värmepump bör man i ett golvvärmesystem ha mer isolering i bottenplattan än för andra typer av uppvärmningssystem.

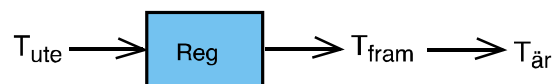
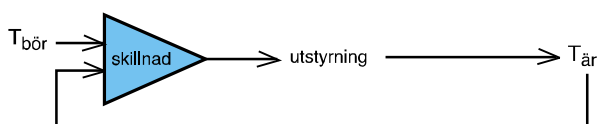
Något om reglerteori

[Grindal]

Termostater använder sig vanligtvis av så kallad proportionalreglering (P-reglering), vilket innebär att radiatorns effektavgivning är proportionell mot skillnaden mellan inställd temperatur och uppmätt temperatur. Detta innebär vidare att rumstemperaturen sjunker något vid ökande värmeförluster/effektpådrag (= kvarstående regleravvikelse).



Kommentar: För att uppnå en tillräcklig termisk komfort när det är som kallast ute kommer termostater med P-reglering "automatiskt" att ställa in en något för hög temperatur under övriga delar av uppvärmningssäsongen, d.v.s. större delen av tiden. Detta leder till en onödigt hög energianvändning. Hur mycket är bl.a. beroende av värmesystemets dimensionering och injustering.



Elektroniska termostater kan också vara utrustade med mer avancerad PI-reglering vilken eliminerar uppkomsten av en kvarstående regleravvikelse, och PID-reglering som vid behov snabbar upp regleringen. Detta är dock relativt ovanligt (och beskrivs inte närmare här).

Oavsett P-, PI- eller PID-reglering så arbetar termostater med så kallad återkopplad reglering, vilket innebär att de i princip mäter rumstemperaturen och automatiskt korrigerar för avvikelse från inställt värde.

Centrala reglersystem arbetar många gånger med så kallad framkopplad reglering. Detta innebär att man styr framledningstemperatur eller effektavgivning som en funktion av utetemperaturen. Man har då inte någon direkt återkoppling mellan rumstemperaturen och den utstyrda effekten. (I själva reglerutrustningen finns dock en återkopplad reglering baserad på skillnaden mellan önskad och uppmätt framledningstemperatur).

Kommentar: För att uppnå en tillräcklig termisk komfort när det är som blåsigt ute kommer man med framkopplad reglering "automatiskt" att ställa in en något för hög temperatur under övriga delar av uppvärmningssäsongen, d.v.s. större delen av tiden. Detta leder till en onödigt hög energianvändning. Hur mycket är beroende av husets täthet.

Reglerstrategier

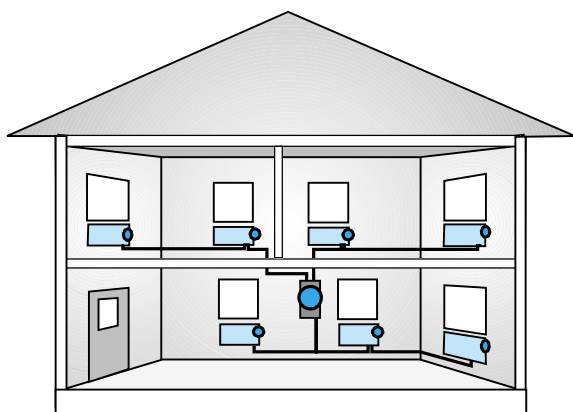
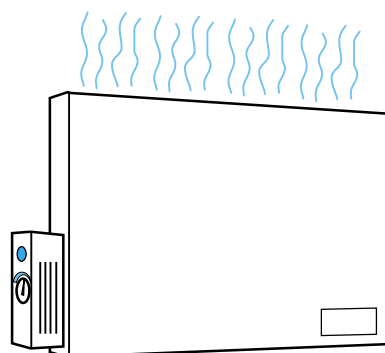
System för direktverkande el

För direktverkande el har traditionellt använts individuell reglering av avgiven värmeeffekt från varje radiator.

Individuell återkopplad reglering

Normalt har man en reglering per radiator (och rum). El-radiatorerna kan vara manuellt reglerade i ett antal effektsteg, men normalt använder man sig av individuell återkopplad reglering.

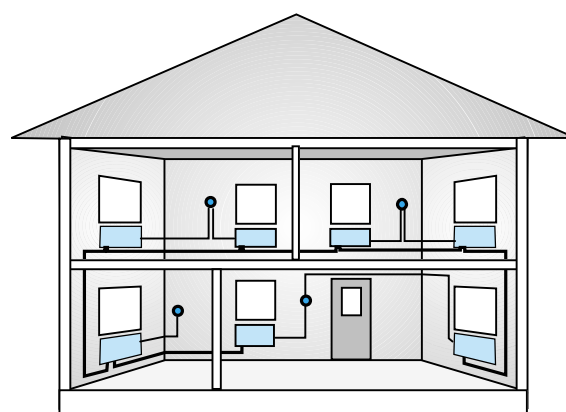
Redan tidigt kom en automatisk mekanisk reglering i form av bimetaltermostater. Dessa hade dock problem med långtidsegenskaperna, vilket efter några års användning ledde till stora svängningar i rumstemperaturen och besvärande knäppningar från radiatorerna. På senare år har dessa ersatts av elektroniska termostater vilka har såväl bra långtidsegenskaper som mycket god temperaturstabilitet. Den stora fördelen med individuell återkopplad reglering är att man kan hålla en jämn och stabil temperatur i alla rum.



Centrala reglersystem

Centrala reglersystem med central återkopplad reglering eller decentraliserad (zonvis) återkopplad reglering har länge funnits på marknaden. En fördel med ett centralt system är att det enkelt kan installeras vid elcentralen och styra radiatorerna därifrån, samt att man från en plats kan ställa in temperaturändringar och veckoscheman. Nackdelen är att man måste dra en särskild kabel från centralen till temperaturgivaren i varje zon.

Det har även funnits enkla system med central framkopplad reglering vilka styr effektavgivningen som funktion av utetemperaturen, och då endast kräver en extra kabeldragning. Detta är dock mycket ovanligt.



Decentraliserade reglersystem

Det finns även decentraliserade reglersystem med decentraliserad (och zonvis) återkopplad reglering eller individuell återkopplad reglering. En nackdel med ett decentraliserat eller helt individuellt system är att man inte från en enda plats kan ändra inställda värden. Tanken med de centrala och decentraliserade systemen är att de skall kunna vara ett alternativ när man har gamla men helt funktionsdugliga radiatorer men dåligt fungerande termostater.

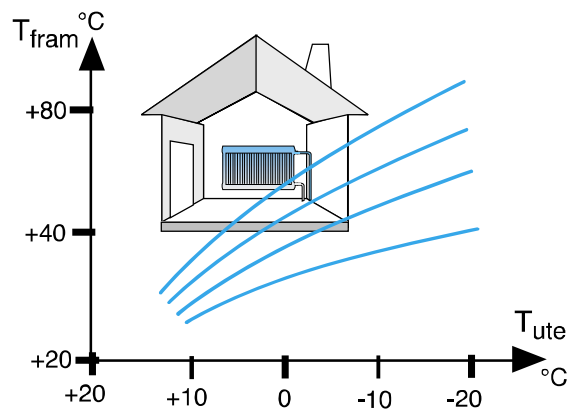
System för vattenburen värme

Central framkopplad reglering

För vattenburen värme har traditionellt använts central reglering av avgiven värmeeffekt. Normalt har man en reglering per hus. Regleringen sker då vanligtvis genom att ändra framledningstemperaturen i radiatorvattnet, men med ett bibehållet konstant flöde i radiatorsystemet. Detta kan ske manuellt genom så kallad "handshuntning". Vanligast är dock att man har en regulator som reglerar framledningstemperaturen som en funktion av utetemperatur. Denna funktion åskådliggörs av en så kallad framledningskurva vilken måste ställas in individuellt för varje byggnad. Man använder sig då av central framkopplad reglering.

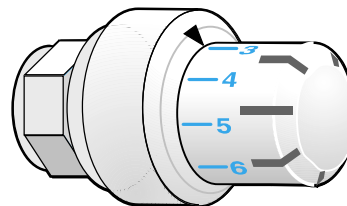
Den stora nackdelen med central framkopplad reglering är att det är svårt att hålla en jämn och stabil temperatur i alla rum. Vid korrekt injustering ger dock denna reglerstrategi ofta en acceptabel funktion i småhus och mindre fastigheter, samtidigt som den är relativt okänslig för vädring.

Framledningskurvor för ett vattenburet system



Central återkopplad reglering

I småhus med stora variationer i interna värmeförluster och i större fastigheter fungerar det däremot inte alltid så bra med central framkopplad reglering. Framför allt gäller detta om man kompletterar det befintliga värmesystemet med någon typ av punktvärmekälla, t.ex. en braskamin. För småhus kan därför reglercentralen idag oftast kompletteras med en centralt placerad innetemperaturgivare. Man använder sig då av central återkopplad reglering. Detta fungerar bra i småhus med relativt öppen planlösning.



Maxbegränsande termostatventiler

Tyvärr har långtidsegenskaper på termostatventiler och kunskap om nödvändigt injusteringsarbete inte alltid varit så bra. Vidare har vanliga reglerande termostatventiler svårt att hantera fönstervädring på ett energieffektivt sätt. I flerbostadshus har man därför i allt större utsträckning endast kompletterat den centralt framkopplade regleringen med så kallade maxbegränsande termostatventiler. Dessa ger fullt (injusterat) flöde vid önskad innetemperatur, men stänger av flödet helt vid en till två graders övertemperatur. På så vis får man en bra kompromiss mellan att ta tillvara värmeöverskott och att kunna hantera fönstervädring på ett ur energisynpunkt acceptabelt sätt.

Individuell återkopplad reglering

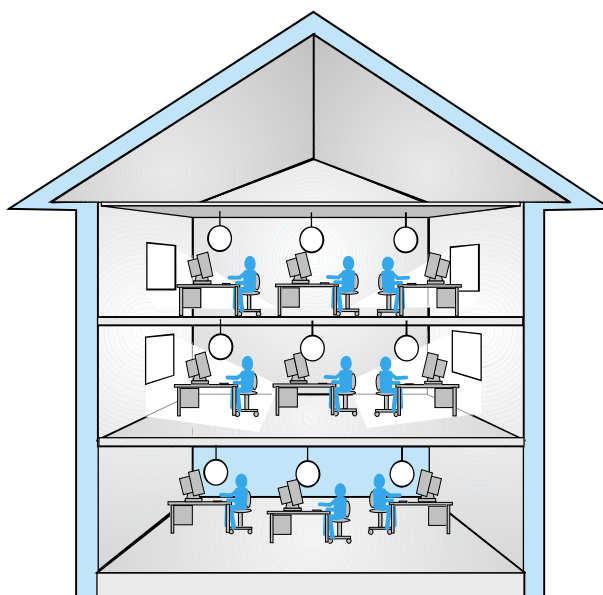
I andra typer av småhus och i flerbostadshus är denna strategi inte tillämplig. I många småhus har det man därför istället valt att installera reglerande termostatventiler vilka arbetar med flödesreglering. Man använder sig då av individuell återkopplad reglering. I vattenburna system kombinerar man ofta individuell återkoppling med central framkoppling. Valet av framledningskurva är då mindre kritisk och den läggs då normalt något högre än vid en ren framkoppling. Detta ger termostatventilerna bättre förutsättningar för en god funktion.

Kommentar: Vissa regler-system styr på returtemperaturen istället för framledningstemperaturen. I princip fungerar det som framkopplad reglering men man får en viss återkoppling. Framst är det i samband med lågtemperatursystem/värmepumpar som man använder sig av den här reglerprincipen. I värmepumpinstallationer är det många gånger ej heller möjligt att använda sig av individuell återkopplad reglering. Detta då värmepumpens reglering kräver att man alltid har ett flöde i radiatorkretsen. Styrning på returtemperaturen är vidare mycket känslig för kortslutningar i radiatorsystemet.

"Smarta" reglersystem

Mer avancerad styr- och reglerutrustning för vattenburna system har sedan länge funnits för kontor. Denna utrustning har dels varit för dyr för att kunna tillämpas i bostäder, dels inte varit anpassad för användning i bostäder. Speciellt är det i flerbostadshus som den boendes beteende, främst med avseende på fönstervädning, inte kunnat hanteras på ett bra sätt med styr- och reglerutrustning avsedd för kontorsbruk. Teknikutvecklingen på elektroniksidan har dock på senare år gjort att avancerade och kostnadseffektiva reglersystem nu börjar komma ut på marknaden.

Dessa bygger oftast på en kombination av central och decentraliserad reglering. Kommunikationen mellan de olika komponenterna i systemet sker trådlöst, och den återkopplade regleringen baseras på mätning av såväl utetemperatur som innetemperatur i ett antal zoner. Smart inbyggd logik kan då avgöra när och var en eventuell vädning sker.



Kommentar: Det finns också på marknaden reglersystem för vattenburen värme i flerbostadshus som bygger på centralt återkopplad reglering baserad på medelvärdet av frånluftstemperaturen. Detta ger i medeltal en god termisk komfort i hela bostadsbeståndet. Det ger dock ingen garanti för att varje enskild lägenhet värms på ett optimalt sätt. Vidare finns det en uppenbar risk att energianvändningen tidvis blir onödigt hög. Om en minoritet försöker vädra onormalt mycket så kommer dessa att "straffas" med en lägre rumstemperatur och därigenom tvingas att minska sin vädning, vilket är positivt. Men om en majoritet av de boende vädrar onormalt mycket kommer systemet att kompensera med ökad värmeavgivning. Detta kan framför allt förväntas inträffa på hösten när många fortsätter att fönstervädra på samma sätt som varit nödvändigt under sommaren.

Framtidens reglersystem

En del reglersystem för direktverkande el har sedan många år försökt implementera smarta tilläggsfunktioner såsom vädningssläs och maxbegränsande uteffekt. Implementeringen av sådana funktioner underlättas om systemet kompletteras med en utetemperaturgivare, men denna kan delvis ersättas med smart logik i reglercentralen. Utvecklingen på elektroniksidan, framför allt när det gäller trådlös kommunikationsteknik, gör att ännu mer avancerade och kostnadseffektiva reglersystem kommer att finnas på marknaden framöver. Dessa kommer bl.a. att kunna kombinera fördelarna i både centrala och individuella system.

Skillnaden mellan reglersystem för direktverkande el och för vattenburna system förväntas i framtiden bli mycket mindre än idag. Kanske kommer skillnaden i vissa avseenden endast att vara en särskild adapter för inkoppling mot själva radiatoren.

Nattsänkning

Ett vanligt förekommande komplement till centrala styrsystem är en s.k. "nattsänkings-funktion". Denna kan givetvis också användas som "dagsänkning" om ingen vistas i bostaden dagtid. Det är främst för småhus sådana system har funnits, men de börjar nu även komma för flerbostadshus. Värmeledning mellan lägenheter kan dock vara så stora att när man sänker temperaturen i en lägenhet kommer den till stor del värmas av kringliggande lägenheter. Hur mycket beror på byggnadens konstruktion och temperaturnivåer.

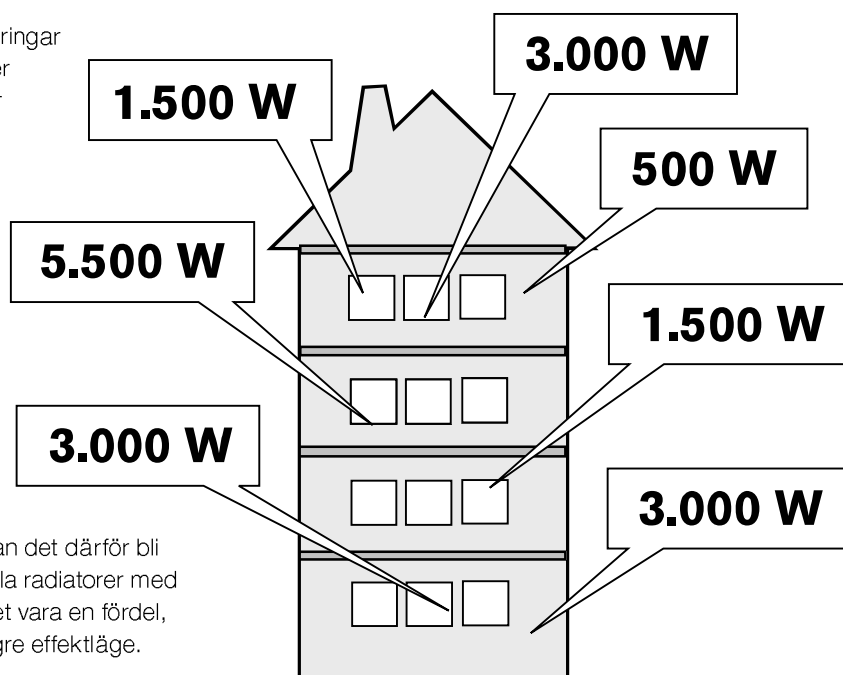
Dimensionering och injustering av värmesystem

Direktverkande el

Direktverkande el innebär vid individuellt återkopplad reglering inga större problem när det gäller dimensionering och kräver normalt ingen injustering. Det enda man måste tänka på är att välja tillräckligt stora radiatorer i förhållande dimensionerande effektbehov, t ex hur stor värmeeffekt krävs minst i respektive rum för att hålla +20° inne när det är -20° ute.

Till och med relativt stora överdimensioneringar innebär normalt inga komfortmässiga eller energimässiga nackdelar, däremot kostar det givetvis onödigt mycket i investering. Vid central återkopplad reglering är däremot korrekt storlek på radiatorerna viktig.

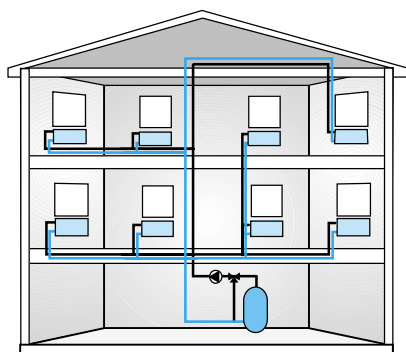
Samma sak gäller givetvis också för ett centralt framkopplat system, vilket också kräver injustering av en korrekt effektkurva (effektavgivningen som funktion av utetemperaturen). Vid konvertering av ett gammalt elradiatorsystem med individuella termostater till ett centralt regler-system kan det därför bli nödvändigt att byta vissa radiatorer. Gamla radiatorer med manuell reglering kan i det sammanhanget vara en fördel, eftersom det då kan räcka att välja ett lägre effektläge.



Vattenburen värme

Vattenburen värme kräver normalt en mycket större insats vid såväl dimensionering som injustering för att uppnå en god funktion. Detta gäller såväl konstantflödessystem som system med flödesreglering. Att detta har förbisettts är troligen en av orsakerna till att många system idag fungerar mycket sämre än de borde.

Det finns två olika "skolor" när det gäller dimensionering och injustering av vattenburna system, högfödessystem och lågfödessystem [Börresen]. Båda har sina för- och nackdelar.

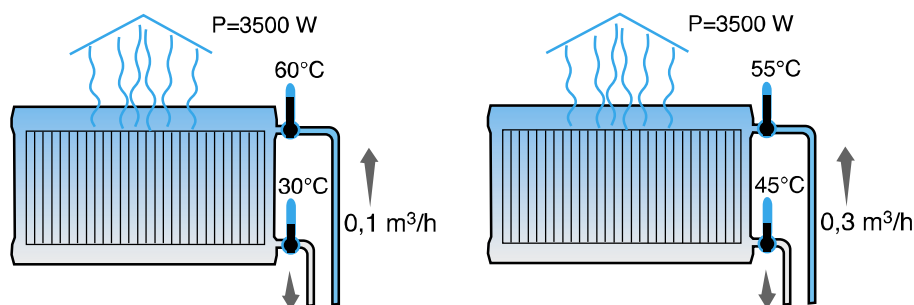


Högflödessystem

Högflödessystem arbetar med förhållandevis höga flöden och låga temperaturdifferenser. De används vanligen i konstantflödessystem. De är då känsliga för korrekt dimensionering av radiatorerna och mindre känsliga för injustering av flödet. En annan nackdel med hög- och konstantflödessystem är att de ger sämre flexibilitet när det gäller framtida förändringar i värmebehov eller värmekälla. En fördel är att de är relativt stabila och okänsliga för störningar.

Normalt klarar man sig med en enkel cirkulationspump som ställs in till en fast hastighet. Högflödessystem kombineras ofta också med maxbegränsande termostatventiler, och ibland också med reglerande termostatventiler. Det senare fungerar inte alltid så bra. Termostatventilerna fungerar i båda fallen som on-off regulatorer och i det reglerande fallet är det inte längre lika viktigt med korrekt dimensionering av radiatorerna (bara de är tillräckligt stora). Vid användning av termostatventiler kan det också vara lämpligt med en frekvensstyrd pump.

Högflödessystemet är det mest etablerade sättet för dimensionering och injustering. Vid nybyggnation av vattenburna värmesystem är det högflödessystem med dimensionerande vattentemperaturerna 55°C in och 45°C ut som gäller enligt byggnormen. Vid framkopplad reglering är framledningstemperaturen ofta densamma till olika delar av en huskropp. Radiatorerna dimensioneras efter detta. Det är dock inte så lätt att förutsäga alla laster för det dimensionerade fallet och därmed kommer framledningstemperaturen att vara mer eller mindre felaktig för olika lägenheter/rum. För att undvika klagomål ställs normalt framledningskurvan så högt att ingen klagar på för låg rumstemperatur. Resultatet blir att rumstemperaturen och energianvändningen blir mer eller mindre för hög i samtliga lägenheter/rum. Detta avhjälps endast delvis m.h.a. maxbegränsande termostatventiler.



$\text{Högt flöde} \times \text{lågt } \Delta t = \text{Lågt flöde} \times \text{högt } \Delta t \approx \text{samma avgivna värmeeffekt}$

Kommentar: Många radiatorleverantörer tillhandahåller olika typer av gratis dimensioneringsprogram som kan fås via deras hemsida på Internet.

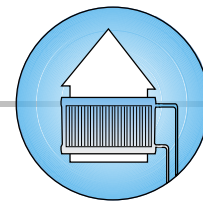
Lågflödessystem

Lågflödessystem arbetar med förhållandevis låga flöden och stora temperaturdifferenser. De är relativt okänsliga för korrekt dimensionering av radiatorn. Det är som med individuellt reglerade elradiatorer bara viktigt att radiatorn är tillräckligt stor (överdimensionerad). En annan fördel med lågflödessystem är att de ger en större flexibilitet när det gäller framtida förändringar i värmebehovet. I många fjärrvärmeanslutna hus med överdimensionerade radiatorsystem kan returtemperaturerna ofta sänkas en hel del genom att konvertera till ett lågflödessystem. Däremot är lågflödessystem mer känsliga för korrekt injustering av flödet.

Vidare är de relativt känsliga för kortslutning i någon del av systemet. Lågflödessystem kräver helt enkelt lite mer av installatören/injusteraren än ett högflödessystem. En annan nackdel med lågflödessystem är att de kräver relativt hög framledningstemperatur eller stor överdimensionering.

Lågflödessystem kombineras ofta med flödesreglering, men kan också användas i konstantflödessystem. Maxbegränsande termostatventiler fungerar inte alltid så bra i ett lågflödessystem. Vid lågflödessystem och flödesreglering, bör man också ha en frekvensstyrd cirkulationspump som reglerar ned pumpeffekten vid minskande flöde. Ett lågflödessystem ger generellt förutsättningar för väsentligt lägre elanvändning hos cirkulationspumpar än ett högflödessystemet. Lågflödessystemet, också kallad "Norrlandsmetoden" eller "Kirunametoden", har funnits i flera decennier. Det har i många fall tillämpats med goda resultat [Andersson], bl.a. av SABO, men är trots det ännu ej helt accepterad i branschen.

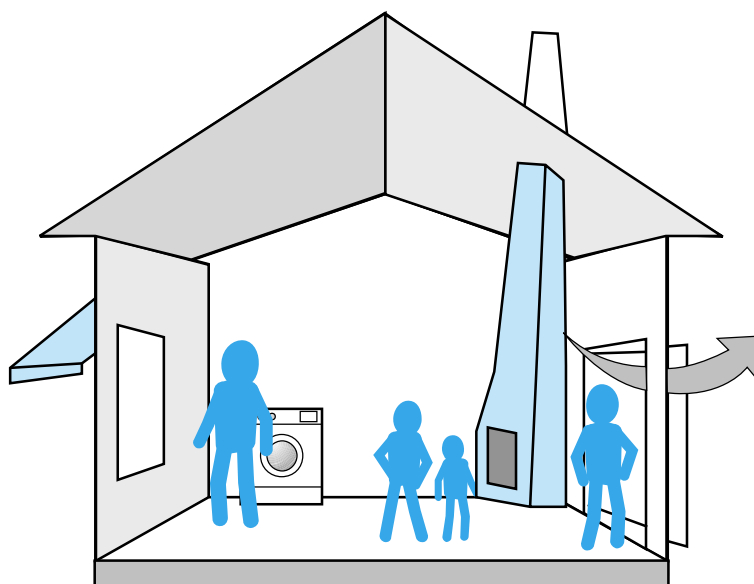
Vad påverkar energianvändningen?



Beteendets inverkan

De boendes beteende i kombination med vald reglerstrategi kan i ganska stor utsträckning påverka bostadens energianvändning. Följande fem beteendestyra faktorer är de som i första hand påverkar bostadens energibalans:

- Hushållsel
- Punktvärmekällor
- Vädring
- Närvaro
- Solavskärmning



Hushållsel

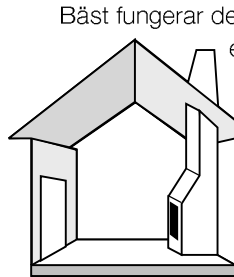
Vid i princip all användning av hushållsel omvandlas elenergin till värmeenergi. Man räknar med att i genomsnitt ungefär 75 % av denna värmeenergi kan bidra till bostadens energibalans [Lövehed]. Resten är huvudsakligen ofrånkomliga förluster via t ex avloppsvattnet eller spisfläkten. Totalt rör det sig alltså om cirka 1500-5000 kWh som kan bidra till bostadens uppvärmning under uppvärmningssäsongen. Trots lågenergilampor och eleffektiva vitvaror har användningen av hushållsel inte minskat. Orsaken är det ständigt ökande antalet elprodukter i våra hem.

Sedan 1970 har användningen av hushållsel i småhus ökat med drygt 50%, från knappt 4000 kWh/år till nästan 6000 kWh/år 2002 [SCB]. Genom val av hushållsapparater och sitt beteende kan man i ganska stor omfattning påverka sin användning av hushållsel. Men beroende på uppvärmningssystem och regler-system kan dock endast 40-70 % av en minskning av hushållselen också leda till en minskning av den totala energianvändningen.

Exempel: I ett hus med eluppvärmning och ett väl fungerande regler-system är det endast när inget eller mycket lågt uppvärmningsbehov föreligger som man i praktiken gör en besparing genom att minska användningen av hushållsel. Detta innebär att man totalt endast uppnår cirka 40 % av teoretisk besparing, och att denna besparing huvudsakligen sker under sommartid när tillgången på elkraft är relativt god. Om man däremot har en värmepump kan varje sparad kWh i hushållsel bytas mot endast cirka 0,3 kWh el till värmepumpen. Räknat på ett helt år fås då en reell besparing på cirka 70 % av sparad hushållsel.

Punktvärmekällor

Användning av punktvärmekällor, typ braskamin, är en mycket vanlig orsak till ojämn temperatur och övertemperaturer i bostäder. Många gånger kan detta också leda till ett ökat vädringsbeteende. Detta leder givetvis till högre energianvändning än nödvändigt och därigenom ett dåligt utnyttjande av punktvärmekällornas energitillförsel. Återkopplad reglering kan delvis men inte helt kompensera för detta genom att sänka det vanliga värmesystemets värmeavgivning.



Bäst fungerar det med individuellt återkopplad reglering, eftersom man då endast sänker värmeavgivningen i de utrymmen som berörs av punktvärmekällan. För system med centralt återkopplad reglering kvarstår problemet med ojämn temperatur, och vissa utrymmen långt från punktvärmekällan kan t.o.m. bli något för kalla.

Kommentar: Vissa punktvärmekällor, typ öppen spis, har så låg verkningsgrad och låg värmeavgivning att endast en marginell övertemperaturer uppstår i det utrymme där den står. Däremot kan den öka den totala ventilationen så mycket att övriga utrymmen i huset blir undertempererade.

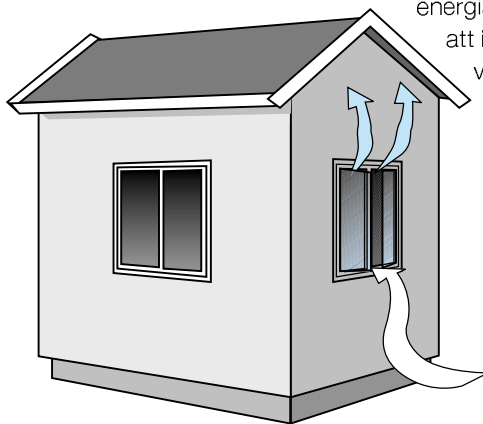
Vädring

Många flerbostadshus och småhus har mekanisk fläktstyrd ventilation. De flesta mekaniskt ventilerade bostäder har frånluftsventilation, vilket innebär att man har en mekanisk fläktstyrd frånluftsventilation i kök, toalett, badrum och eventuellt grovkök, samt att tilluften i de flesta fall tas in ouppvärmad via uteluftsdon som är monterade genom bostadens fasad i sovrum och vardagsrum. Normenligt luftutbyte i en bostad är ett luftutbyte motsvarande cirka 0,5 gånger bostadens luftvolym per timme [Boverket], vilket i en mekaniskt ventilerad bostad brukar justeras in. Normalt ger detta ett ur en lufthygienisk synvinkel tillräckligt stort luftutbyte. Däremot räcker detta flöde inte till för att kyla bostaden vid hög utetemperatur och kraftig solinstrålning. I dessa bostadshus förutsätts det därför att man sommartid använder sig av fönstervädring för att minska övertemperaturer. Även vid tillfälligt stora internlastar vintertid kan vädring behövas.

De flesta småhus och flerbostadshus har självdragsventilation. I dessa hus krävs en viss vädring året om. Onödigt hög energianvändning kan uppstå om man vädrar trots att det inte behövs, eller mer än vad som behövs. Värmsystem med återkopplad reglering kommer då att till större delen kompensera de ökade ventilationsförlusterna genom att öka värmeavgivningen från radiatorerna.

Vid korrekt injusterad centralt framkopplad reglering ökar energianvändningen dock endast marginellt, samtidigt som rumstemperaturen sjunker under önskat värde. Energiförlusten vid normenlig ventilation (utan värmväxlare) kan variera mellan 2000 och 10 000 kWh per år beroende på bostadens storlek och geografiska läge (i Sverige). Vid felaktig vädring i kombination med återkopplad reglering kan dessa värden flerdubblas.

Genom sitt vädringsbeteende kan man alltså vid återkopplad reglering i stor utsträckning påverka sin bostads energianvändning. Här är det "gamla sanningar" som gäller. Att vädra kort tid med stor öppning ger nästan samma låga energianvändning som att inte vädra alls. Att vädra med liten öppning under lång tid ger stort utslag på energianvändningen, framför allt då vid återkopplad reglering.



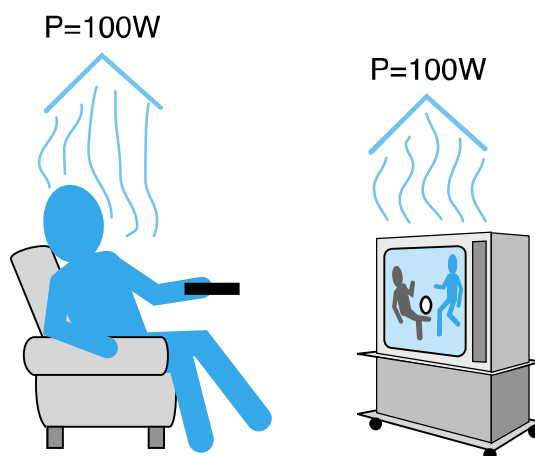
Kommentar: Även överdriven användning av forcerat flöde på spisfläkten/kåpa leder till en överventilerad bostad och i kombination med återkopplad reglering till onödigt hög energianvändning. Även om inga fönster är öppna ökar flödet genom uteluftsdon och andra otätheter i byggnadsskalet när spisfläkten/kåpan är i forcerat läge.

Kommentar: Frånluftsventilation med luftintag genom fasad innebär ofta att dragproblem kan uppstå vintertid. De boende brukar reagera på detta med att strypa till donen. Detta leder visserligen till lägre energianvändning, men också till en allmänt sämre luftkvalitet.

Närvaro

När man vistas i bostaden avger man värme (och fukt). I bostäder är denna värmeavgivning normalt relativt låg. Kortvarigt kan värmeavgivningen dock vara ganska hög. Man brukar anta att en person avger mellan 50-100 W beroende på ålder (vikt) och aktivitetsnivå. För en familj på 2 vuxna och 2 äldre barn som vintertid vistas drygt halva dygnet inomhus fås endast en medeleffekt på cirka 200 W. För ett pensionärspar som vistas större delen av tiden i bostaden blir medeleffekten något lägre. I båda fallen rör det sig under en hel uppvärmningssäsong om totalt cirka 1000 kWh, vilket inte är helt försumbart. Värmeavgivningen från de boende räknas som "gratisvärme".

Även mindre värmestillskott från stearin/värmeljus kan räknas in i detta värmestillskott. Under förutsättning att man utnyttjar sin bostad i normal omfattning ger den närvarovalstrade värmen endast ett mindre tillskott i värmebalansen..



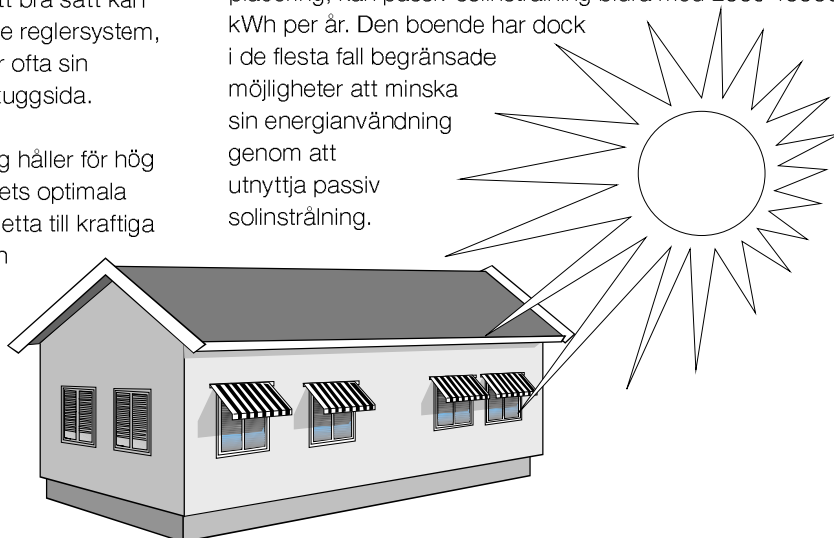
Kommentar: När man sover eller inte vistas i bostaden behöver rumstemperaturen inte vara så hög. Vissa reglersystem ger då den boende möjlighet att antingen programmera in ett sov- och närvaroschema, eller att trycka på en "frånvaroknapp" när man lämnar bostaden. Detta ger inga revolutionerande energibesparingar, men för en nattsänkning fås i alla fall en signifikant besparing på cirka 3 %.

Solavskärmning

Ett annat sätt att minska övertemperaturer, främst under sommartid, är att skärma av solinstrålningen med persienner eller markiser. Genom solavskärmning under perioder när uppvärmningsbehov föreligger minskar man potentialen för "gratisvärme" via så kallad passiv solvärme. Orsaken till att man skärmar av solinstrålningen även när värmebehov föreligger kan bero på att man inte vill ha det så ljust, t.ex. när man sover. Men det kan också bero på att värmesystemets reglersystem inte på ett bra sätt kan hantera passiv solinstrålning. Framkopplade reglersystem, vilket är det vanligaste i flerbostadshus, har ofta sin utetemperaturgivare placerad på husets skuggsida.

Detta leder till att man vid hög solinstrålning håller för hög framledningstemperatur i förhållande till husets optimala energibalans. Utan solavskärmning leder detta till kraftiga övertemperaturer även vintertid och att den boende helt enkelt är tvungen att skärma av solinstrålningen för att bibehålla ett acceptabelt rumsklimat. Han kanske även blir tvungen att öppna ett fönster. Risken är då att fönstret står kvar öppet även länge efter att solinstrålningen avtagit.

Förbättrade förutsättningar uppnås med maxbegränsande termostatventiler vilka stänger av radiatorflödet när rumstemperaturen stigit ett par grader över önskat börvärde. Risken är dock att den boende hinner skärma av solinstrålningen innan termostatventilerna hunnit reagera på övertemperaturen. Återkopplade reglersystem har mycket större potential att utnyttja passiv solinstrålning. Beroende på bostadens storlek och utformning, samt geografisk placering, kan passiv solinstrålning bidra med 2000-10000 kWh per år. Den boende har dock i de flesta fall begränsade möjligheter att minska sin energianvändning genom att utnyttja passiv solinstrålning.



Inverkan av husets utformning och placering

Bostadens utformning och geografiska placering är något som den boende inte kan påverka annat än när han bygger nytt/om eller byter bostad. I flerbostadshus har man i de flesta fall inte heller någon större möjlighet att påverka valet av uppvärmningssystem och reglersystem.

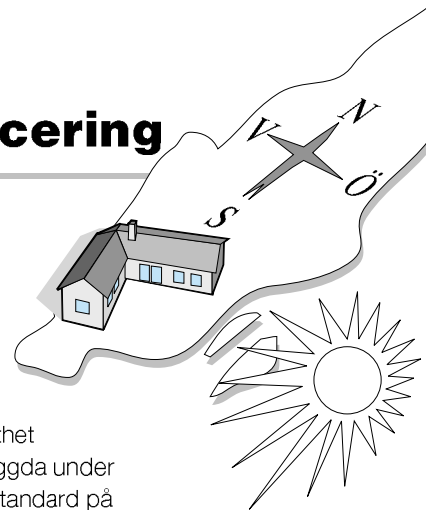
Trots detta har bostadens utformning och placering en stor inverkan på uppvärmningsbehovet.

Geografisk placering

Givetvis har den geografiska placeringen stor betydelse, skillnaden i medelårstemperatur mellan Malmö och Kiruna är cirka 9°C [CTH]. Detta innebär att uppvärmningsbehovet i samma typ av bostad, med samma antal boende och med samma beteende, skiljer cirka en faktor 1,5 mellan dessa två orter.

Orienteringen

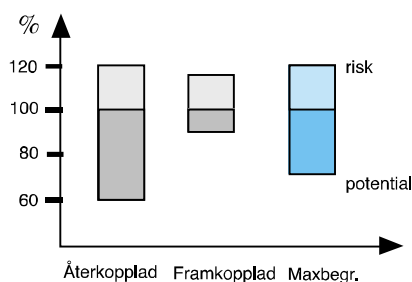
Men även en likadan lägenhet på samma ort, med samma antal boende och med samma beteende, kan ha olika uppvärmningsbehov beroende på orientering. Orienteringens betydelse är i sin tur beroende av typen av reglersystem [Eriksson, et al]. För endast framkopplad reglering kan skillnaderna vara cirka 20 %. För framkopplad reglering med maxbegränsande termostater kan skillnaderna vara cirka 40 %. Vid återkopplad reglering kan skillnaderna vara cirka 100 %. Orienteringens betydelse har i huvudsak att göra med möjligheten att utnyttja passiv solinstrålning, d.v.s. fönstrens storlek och typ, samt i vilket väderstreck de är placerade.



Isolering och täthet

Vidare kan till synes helt lika bostäder skilja i klimatskalets täthet och isolerförmåga. Bostäder byggda under olika tidsperioder har helt olika standard på täthet och isolering. Detta beror i huvudsak på att myndighetskraven successivt har höjts genom åren. Skillnaden i uppvärmningsbehov mellan bostäder byggda på 60-talet respektive 90-talet kan skilja cirka en faktor 2.

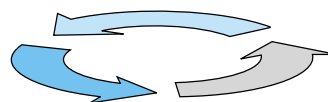
Energibesparingspotential och osäkerhet för uppvärmningskostnaderna i flerbostadshus vid olika reglerstrategier och vid olika orienteringar illustreras av figuren nedan.



Värmeåtervinnande installationer

Den vanligast förekommande värmeåtervinnande installationen i nybyggda småhus är en frånluftsvärmepump. Den utvinnet värme ur frånluften och lagrar den i en ackumulatortank. Frånluftvärmepumpen är ett exempel på behovet av att ha en helhetssyn när man jämför olika systemlösningar. Den utvunna värmen kan delvis återföras till värmesystemet men används huvudsakligen för att producera tappvarmvatten. I det fallet minskas egentligen inte uppvärmningsbehovet, och inte heller tappvarmvattenbehovet, men givetvis minskar den totala användningen av köpt energi.

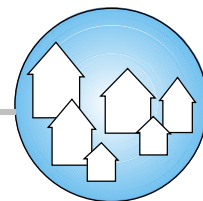
En tidigare (på 80-talet) vanligt förekommande installation i nybyggda småhus var en ventilationsvärmväxlare. Den återvinner värmen i frånluften och återför den till tilluften. Med dagens bästa teknik kan ventilationsförlusterna på så sätt minskas med uppåt 80 %.



Kommentar: Normalt skall olika beteenden inte direkt kunna inverka på en frånluftvärmepumps funktion. Men eftersom de vanligen kombineras med endast frånluftventilation har man samma problem med av de boende strypta don som i andra F-ventilerade bostäder. I det här fallet är det dock inte bara luftkvaliteten som bli sämre, utan även värmepumpens tillgängliga värmekälla (d v s frånluftsfödet som den skall hämta sin värme ur sjunker).

Kommentar: Normalt skall olika beteenden inte heller direkt kunna inverka på en värmväxlarens funktion. Dock är många värmväxlare utrustade med avfrostningsautomatik och elektriska eftervärmningsbatterier. Vid felaktiga inställningar på börvärden kan detta mycket lätt leda till en onödig ökning av energianvändningen.

Skillnader mellan flerbostadshus och småhus



Det finns en hel del skillnader mellan flerbostadshus och småhus som man bör beakta när man diskuterar energianvändning och beteende.

Debiteringsmässiga skillnader

Flerbostadshus

Flerbostadshus har i de flesta fall kollektiv debitering av värme- och varmvattenkostnader, men individuell debitering av hushållsel. Detta innebär t.ex. att sparåtgärder m.a.p. hushållsel är direkt lönsamt för den boende, men kan resultera i ökade uppvärmningskostnader för fastighetsägaren. Däremot är besparingsåtgärder m.a.p. uppvärmningsbehovet inte direkt kopplat till den boendes hyreskostnad. Detta är ett hinder för att införa mer energieffektiv återkopplad reglering. Man talar idag därför alltmer om behovet av att ta fram system för individuell mätning och debitering av såväl värme- som varmvattenförbrukning.

Småhus

Småhus har individuell debitering av såväl hushållsel som värme- och varmvattenkostnader. Energibesparande åtgärder har därför en direkt inverkan på den boendes kostnader för inköp av energi. Det är därför lättare och billigare att införa energieffektiv återkopplad reglering utan alltför stor risk att man "vädrar bort" energibesparingspotentialen. Det handlar mer om att informera om lämpligt beteende och hur det direkt påverkar den egna ekonomin. Samma sak kommer i framtiden att gälla i flerbostads där individuell debitering av värme- och varmvattenkostnader har införts.

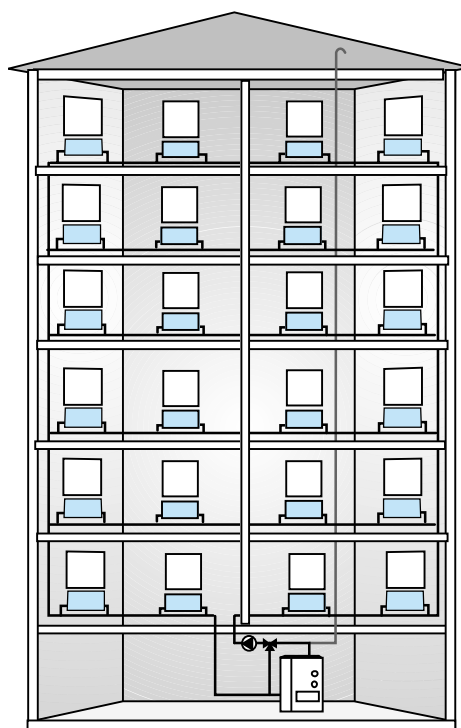
Beteendemässiga skillnader

De beteendemässiga skillnaderna hör direkt ihop med de debiteringsmässiga skillnaderna. I flerbostadshus används inte bara mer varmvatten, utan det vädras också mycket mer. Många flerbostadshus är genom den boendes vädringsbeteende överventilerade, vilket leder till en onödigt hög energianvändning. Å andra sidan kan man säga att många småhus är för dåligt ventilerade, vilket leder till en ohälsosam inomhusmiljö.

Tekniska skillnader - flerbostadshus

Flerbostadshus är en mycket homogenare grupp än småhus. Det är därför mycket lättare att dra generella slutsatser för denna typ av bostäder. Följande gäller för de flesta flerbostadshus:

- Vattenburen värme, och i de flesta fall fjärrvärmeanslutna
- Framkopplad reglering, eventuellt med maxbegränsande termostatventiler
- Självdrags- eller frånluftsventilation, och utan värmeåtervinning
- Värmeledning mellan lägenheter



Tekniska skillnader - småhus

Småhus är en mycket mer heterogen grupp jämfört med flerbostadshus. Man kan därför inte lika lätt dra generella slutsatser för dessa. Följande gäller dock i grova drag för småhus byggda under olika tidsperioder:



Hus byggda före 70-talet

Vattenburen värme från olje-, el-, ved- eller kombipanna. Radiatorer och framkopplad reglering. Självdragsventilation. Dåligt isolerade och otäta. 935 000 eller drygt hälften av alla 1567 000 småhus tillhör den här gruppen [SCB]. Många av dessa har på senare år bytt ut pannan mot en luft-, jord- eller bergvärmepump.



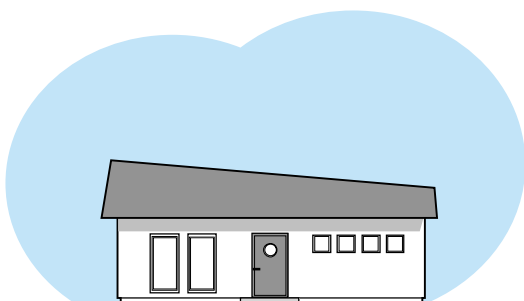
Hus byggda på 70-talet

Direktverkande elradiatorer med individuellt återkopplad reglering. Mekanisk frånluftsventilation (F-ventilation) eller självdrag, och utan värmeåtervinning. Halvbra isolerade och relativt täta. 400 000 eller nästan 25% av alla småhus tillhör den härgruppen. Många av dessa har på senare år kompletterats med en luft-luft-värmepump.



Hus byggda på 80-talet

Vattenburen värme från elpanna, fjärrvärme eller jord-/bergvärmepump. Radiatorer och framkopplad reglering. Bra isolerade och täta. Drygt hälften av dessa hus har mekanisk till- och frånluftsventilation, och i de flesta fall med värmeåtervinning (FTX-ventilation). 161 000 hus byggdes under den här perioden. Med den tidens teknik hade man typiskt dock endast en temperaturverkningsgrad på cirka 60 %, vilket också var kravet för ett typgodkännande..

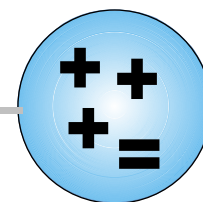


Hus byggda på 90-talet och framåt

1)Vattenburen värme från elpanna. Radiatorer eller golvvärme, och framkopplad reglering. Bra isolerade och relativt täta. Mekanisk frånluftsventilation med värmeåtervinning via frånluftsvärmepump (FVP-ventilation). Den återvunna värmen utnyttjas främst till att värma tappvarmvatten. 2) Vattenburen värme från fjärrvärme. Radiatorer eller golvvärme, och framkopplad reglering. Bra isolerade och relativt täta. Mekanisk frånluftsventilation utan värmeåtervinning. (Finns inget krav på värmeåtervinning vid fjärrvärme.)

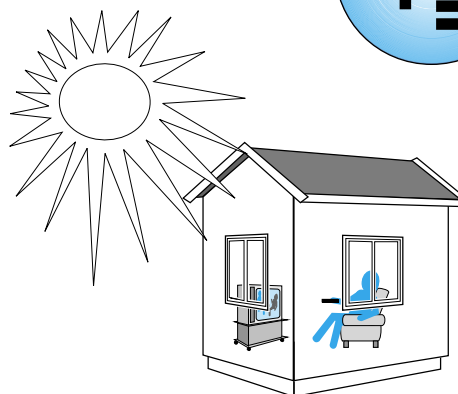
Kommentar: Väldigt få hus har överhuvud taget byggts under 90-talet, både när det gäller flerbostadshus och småhus. Endast 4,5 % (eller 70 000) av alla småhus och endast 6,3 % av flerbostadshus boyta har byggts under perioden 1991-2002.

Sammanfattning



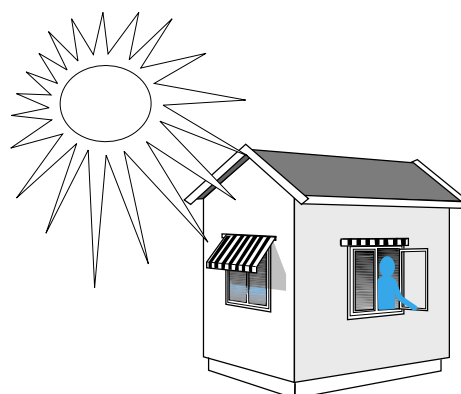
Reglerstrategi med återkopplad reglering har stora fördelar men en stor nackdel.

Den är bra på att dra nytta av värmeförlust från solinstrålning och värme som alstras från hushållsapparater och personer. Däremot är återkopplad reglering något ogynnsam för en lägenhet i skuggigt läge som ofta står tom. Reglerstrategin med återkopplad reglering har svårt att kompensera för ogynnsamt vädringsbeteende.



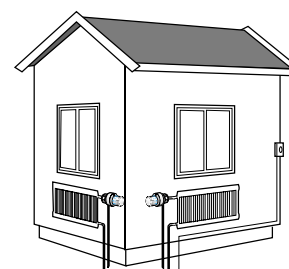
Fönstervädning är den beteendestyrd faktor som har störst inverkan på energianvändningen.

Detta gäller framför allt vid återkopplad reglering där fönstervädningen har en mycket stor betydelse för den totala energianvändningen. Det är då lätt att vädra bort stora mängder energi men om man vädra på rätt sätt påverkas istället energianvändningen minimalt. Att vädra kort tid med stor öppning ger nästan samma energianvändning som att inte vädra alls. Att vädra med liten öppning under lång tid ger stort utslag på energianvändningen och reglerstrategierna förmåga att hantera fönstervädningen blir då viktig.



Traditionell reglerstrategi med framkopplad reglering av framledningstemperaturen, eventuellt kompletterad med maxbegränsande termostatventiler, är bäst på att hantera ogynnsam fönstervädning.

Uppvärmningsbehovet är relativt stabilt och okänsligt för störningar i form av de boendes beteende eller åt vilket väderstreck bostaden är orienterad, samtidigt som man delvis kan dra nytta av värmeförlust från solinstrålning m.m. Vid kollektiv debitering av uppvärmningskostnaderna fås en relativt säker bestämning av förväntad energianvändning. Däremot är denna energianvändning oftast en hel del högre än vad som är optimalt, bl.a. annat beroende på vindkänslighet. Att med denna reglersteknik införa individuell mätning av använd energi för uppvärmning i flerbostadshus verkar inte lämpligt. Detta då den boende har rätt små möjligheter att påverka uppvärmningsbehovet (om han samtidigt vill bibehålla ett acceptabelt inneklimat).

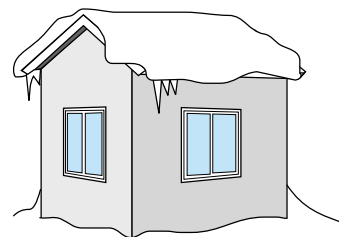


Användningen av hushållsel är en beteendefaktor som kommer att öka i betydelse i framtiden.

Nybyggda och renoverade hus kommer i framtiden att bli allt mer isolerade och täta samt få mer energieffektiva installationstekniska lösningar. Detta leder till att hushållselens andel av den totala energianvändningen ökar i betydelse. Det är därför nödvändigt att bryta dagens trend med ständigt ökande hushållsel.

Framkopplad reglering kan, vid bibehållen termisk komfort, inte uppnå samma låga energianvändning som individuell återkopplad reglering.

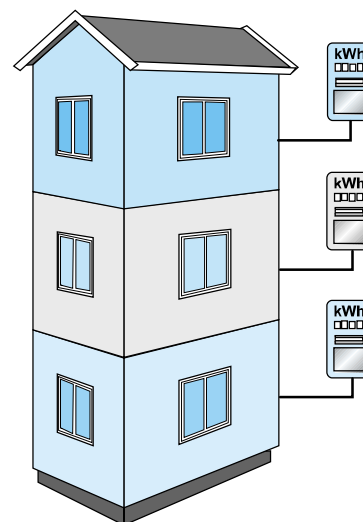
Framledningstemperaturen blir mer eller mindre felaktig för olika lägenheter/ rum. För att undvika klagomål ställs normalt framledningskurvan så högt att rumstemperaturen och energianvändningen blir mer eller mindre för hög i samtliga lägenheter/rum under stora delar av uppvärmningssäsongen.



Återkopplad reglerstrategi i flerbostadshus kräver i princip individuell värmemätning och energiklassning av lägenheter.

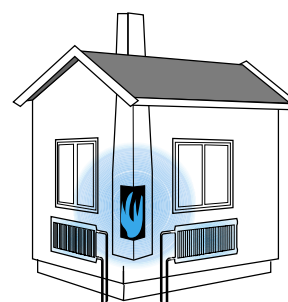
Återkopplad reglering ger förutsättningar för en optimal energianvändning, men är normalt mycket känslig både för de boendes beteende och åt vilket väderstreck bostaden är orienterad. Vid kollektiv debitering av uppvärmningskostnaderna innebär detta en mycket osäker bestämning av förväntad energianvändning. Samtidigt innebär det också att individuell värmemätning kan slå väldigt fel om den tillämpas i ett fastighetsbestånd med stor variation på byggnadernas/lägenheternas orientering.

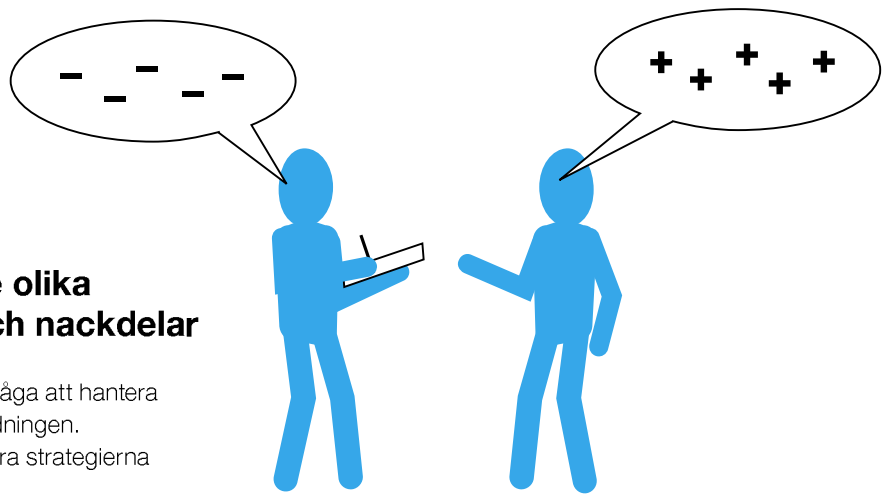
Problemet med individuell värmemätning gäller främst i hyresfastigheter där den boende har litet inflytande över vilken lägenhet som finns tillgänglig, medan för bostadsrätter kan detta eventuellt bli självreglerande. Förväntad energianvändning kan då vara en del av det som vägs in i insatsen. Detta väcker frågan om inte alla lägenheter bör energiklassas så att nya hyresgäster eller bostadsrättsinnehavare kan bedöma sin kommande bostadskostnad. Problemet med "orättvis" värmeledning mellan lägenheter kvarstår dock. I nybyggnation kan detta lösas med bättre isolering mellan lägenheterna. Men i äldre fastigheter kanske man ur en rättviseaspekt får nöja sig med individuell mätning av varmvattenförbrukningen.



Återkopplad reglering är bäst i småhus.

I småhus finns idag antingen framkopplad eller återkopplad reglering. Man har här inte problemet med kollektiv debitering och alla energikostnader belastar direkt den boende. Återkopplad reglering bör därför i det här fallet ge den mest optimala energianvändningen. Vid komplettering av det befintliga värmesystemet med en punktvärmekälla, typ braskamin, bör man ha individuellt återkopplad reglering. Detta både för att minska problem med övertemperaturer och för att minska värmeförlusterna. Termostatventiler med P-reglering, vilket traditionellt är det mest vanliga vid individuellt återkopplad reglering i vattenburna system, ger dock en viss förhöjd energianvändning.





En sammanställning av de olika reglerstrategiernas för- och nackdelar

Jämförelse av olika reglerstrategiers förmåga att hantera olika faktorer som påverkar energianvändningen. Energianvändningen jämfört med de andra strategierna (+ låg, - hög).

Tom lägenhet
i skuggigt läge

Utnyttja värme
från solinstrålning

Utnyttja värme
från personer
och hushållsel

Okänslig för felaktig
framlednings-
temperatur

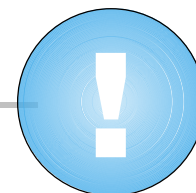
Okänslig för
slösande
vädringsbeteende

Återkopplad reglering	-	++	++	++	--
Maxbegränsande återkoppling	+	+	-	-	-
Framkopplad reglering	+	-	-	-	+

Slutsatser

Individuell återkopplad reglering är den reglerstrategi som har störst potential att uppnå en optimal energianvändning vid uppvärmning av bostäder. Men den är samtidigt den som är mest känslig för den boendes beteende, främst med avseende på vädring. I småhus är detta mer eller mindre självreglerande, d.v.s. den som vädrar för mycket får också själv direkt betala mer för sina uppvärmningskostnader. I flerbostadshus krävs i princip att återkopplad reglering kombineras med någon form av individuell mätning av energianvändningen. Risken är annars att hela energibesparingspotentialen "vädras bort". Detta är dock inte helt okontroversiellt eftersom lägenhetens utformning också har en stor inverkan på bostadens energianvändning vid återkopplad reglering. Detta kan kräva att lägenheter måste energiklassas så att nya hyresgäster eller bostadsrättsinnehavare kan bedöma sin kommande bostadskostnad. Vidare har man problemet med värmeläckage mellan lägenheter, vilket innebär att man trots individuell mätning och energiklassning av lägenheter kan få en orättvis debitering.

Referenser



Eriksson, J., Wahlström, Å., 2001, Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus, Rapport nr 2001:04, EFFEKTIV, c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

SCB, 2002, Statistiska meddelanden EN 16 SM 0302, Energistatistik för småhus 2002, Statistiska Centralbyrån

SCB, 2002, Statistiska meddelanden EN 16 SM 0303, Energistatistik för flerbostadshus 2002, Statistiska Centralbyrån

Wahlström, Å., 2000, Vatten- och energibesparing vid byte av tappvattenarmatur, SP Rapport 00ETs P0 02310, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås (hittas lättast via uppdragsgivarens hemsida på internet: http://www.gustavsberg.com/gustavsberg/images/SV-SE/pdf/water_techniques/sp_rapport.pdf)

Jannerland, A., 1995, Tappvarmvattnet - en okontrollerbar energislukare, VVS-FORUM nr 8

Nilsson, P-E., 2001, Komfortkyla, Rapport nr 2001:01, EFFEKTIV, c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

Ruud, S., Lundin, L., Sandberg, M., Nielsen, J.R., 2003, Houses without heating systems - Evaluation of the first winter, 4th International Conference on Cold Climate HVAC, Trondheim, Norge

Lövehed, L., 1995, Villa '95 - ett yt- och energisnålt enfamiljshus, Rapport TABK-95/3029, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Dubois, M-C., 1997, Solar Shading and Building Energy Use, Report TABK-97/3049, Lund Institute of Technology, Lund

Blomsterberg, Å., 1997, Mätning och utvärdering av direktelvärmda småhus kompletterade med kakelugn, SP Rapport E2 0406, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås (kan rekvideras från uppdragsgivaren Energimyndigheten, www.stem.se)

Roots, P., Hagentoft, C-E., 2000, Golvvärme kan ge både lägre och högre energianvändning, Energimagasinet nr 5

Grindal, A., 1988, Regleringsteknikk for ingeniøren, Skarland Press A/S

Börresen, B.A., 1994-95, 10'er serien om mengderegulering, Vannbasert oppvarming, Norsk VVS, Särtryck - November 1995.

Andersson, T., 1993, Konsten att styra radiatorsystem, VVS-forum, nr 10-11

Boverket, 2002, Boverkets Byggregler, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19

CTH, 1990, Energiteknik och installationsteknik - Grundläggande samband och tabeller, Kompendium K101:1990, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Mer att läsa

Eriksson, J., Wahlström, Å., 2001, Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen Rapport nr 2001:04, EFFEKTIV, c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

Konsumentverket, Råd&Rön,
Nr 2, februari 2001, s. 33-35, Test: Värmeregleringssystem

Konsumentverket, Råd&Rön,
Nr 2, februari 2003, s. 32-34, Test: Värmestyrssystem

Nilsson, P-E., 2000, God inomhusmiljö,
Rapport nr 2000:02, EFFEKTIV, c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

Jagemar, L., 2001, Individuell reglering av rumsklimat,
Rapport nr 2001:07, EFFEKTIV, c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

Energimyndigheten och Konsumentverket,
2000, Styr- och regleringssystem, 6 sidig broschyr, Statens Energimyndighet, ET 85:1999/2000

www.konsumentverket.se

www.stem.se

www.scb.se

Denna rapport är framtagen i forskningsprogrammet EFFEKTIV som bedrivs inom Centrum för Effektiv Energianvändning (CEE).

CEE består av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.

Layout och produktion: illustration & information, Borås

EFFEKTIV

c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås. Telefon 033 - 16 50 00. Fax 033 - 13 55 02. Internet www.effektiv.org

RAPP NR 2003:08

ISBN 91-7848-968-7

ISSN 1650-1489



Thermia Link



Link

Fingertoppskänsla som ger maximal komfort.

Med **Thermia Link** uppkopplad till din värmepump kan du styra temperaturen i husets alla rum – kontrollpanelen placerar du var du vill i huset. Thermia Link kommunicerar trådlöst med värmepumpen och husets övriga värmesystem.

Via kontrollenhetens pekskärm ställer du enkelt in temperaturen i varje enskilt rum. Du kan även skapa veckoscheman för de olika rummen, med olika temperaturer vid olika tider. Exempelvis kan du låta Thermia Link sänka temperaturen på nätterna, eller mitt på dagen de dagar när ingen är hemma.

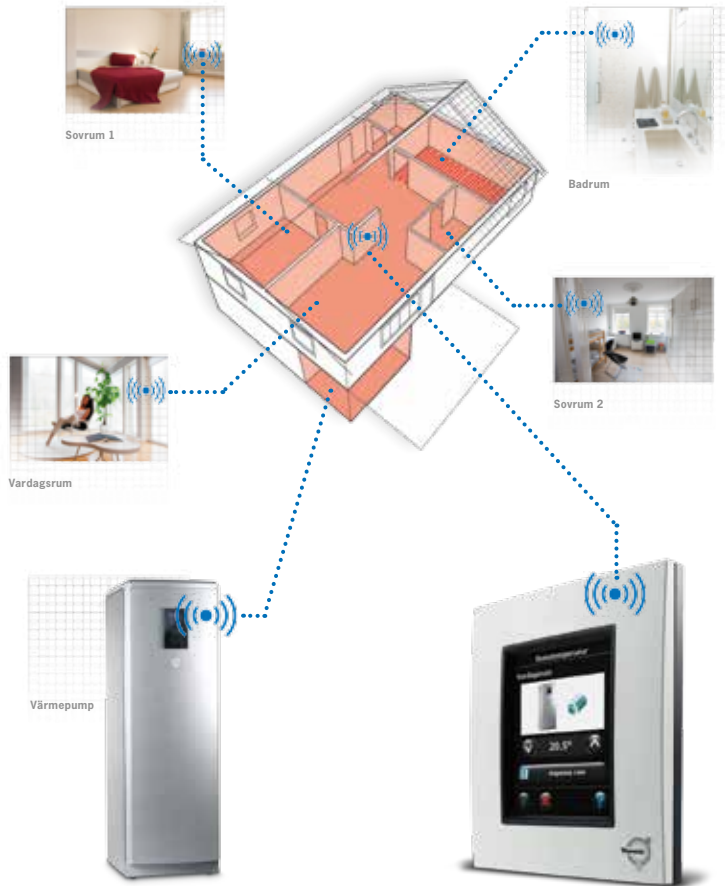
Thermia Link knyter samman alla delar i värmesystemet och skickar hela tiden information till värmepumpen om det aktuella värmebehovet i huset. På så sätt kan värmepumpen optimera driften efter de rådande förhållandena, vilket minimerar energiförbrukningen.

Med hjälp av "Bortrest-funktionen" kan du minska din energiförbrukning ytterligare – genom att ha en lägre temperatur i huset när du är bortrest. Gör en markering i datumkalendern, så ser Thermia till att huset är varmt och skönt när du kommer hem igen.

Själva installationen av Thermia Link går snabbt och smidigt. Enheterna kopplas samman via trådlös kommunikation och börjar omedelbart samarbeta för ett perfekt inomhusklimat.



Tekniska data Link



Thermia Link™ Central Controller	
Omg. temperatur	-10 till +35 °C
Driftspänning	15 VDC ±10%
Strömförbrukning i standbyläge	Max 2 W
Skärm	3,5" TFT touch screen färgskärm
Signalräckvidd (i genomsnittlig byggnad)	Upp till 30 m
Max antal repeaters i en kedja	3
IP-klass	21
Mått	125x107x25 mm

Thermia Link™ NSU (nätadapter – medföljer)	
Driftspänning	100–240 VAC 50/60 Hz
Utgående spänning	15 VDC ±10 %
Strömförbrukning i standbyläge	Max 0,75 W
Ledningslängd	2,5 m
Maxbelastning	10 W

Thermia Link™ PSU (väggdosa – tillbehör)	
Driftspänning	100–250 VAC 50/60 Hz
Utgående spänning	15 VDC ±10 %
Strömförbrukning i standbyläge	Max 0,15 W
Maxbelastning	10 W

Thermia Link kan kopplas till alla Thermias värmepumpar tillverkade efter 2008.

Thermia Link – tillbehör:

Thermia Link är ett flexibelt system som kan anpassas exakt efter ditt värmesystem och dina behov. För att bygga upp det trådlösa systemet finns följande komponenter tillgängliga.

1 Danfoss Living Connect – Radiatortermostat

- läser av rumstemperaturen
- inställning av önskad rumstemperatur
- vädringsfunktion
- PID-kontroll
- drivs med 2 AA-batterier
- 2 år mellan batteribyten, visuell varning
- max/min begränsning
- barnlås
- ventilmotionering
- frostskydd
- bakgrundsljus i display



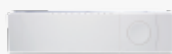
2 Danfoss RS – Rumsgivare

- läser av rumstemperaturen
- inställning av önskad rumstemperatur
- bakgrundsljus i display
- drivs med 2 AA-batterier
- 4–5 år mellan batteribyten



3 Danfoss HC – Hydronic Controller

- styrenhet för vattenburen golvvärme
- 24 V utgångar med LED (kortslutningsskyddade)
- enkel anslutning av elkablar
- reglering via "on/off" eller med PWM (Pulse Width Modulation)
- automatiskt felsökningsprogram med alarm



4 Danfoss FT – Floor Thermostat

- styrenhet för elektrisk golvvärme
- reglering via "on/off"



5 Danfoss PR – Plug-in-kontakt

- möjlighet att styra annan elektrisk utrustning
- reglering via "on/off"



6 Danfoss HR – Dolt relä

- möjlighet att styra annan elektrisk utrustning
- reglering via "on/off"



7 Repeater (signalförstärkare)

- förstärker och förlänger signalen vid långa avstånd (över 30 meter) eller vid besvärliga förhållanden



Övrig utrustning till Thermia Link:

8 Inbyggd väggdosa för Thermia Link

- Gömmer elkabeln samt transformatorn för Thermia Link i väggen.



9 Batteripack

- Används vid uppstart för att ansluta de olika komponenterna. (Om du köper installationen har din installatör detta tillbehör.)



Thermia Link kan köras utan dessa komponenter – endast uppkopplad till värmepumpen. Detta innebär dock att de flesta funktioner uteblir, såsom energioptimeringen av värmepumpen och temperaturstyrningen av husets olika rum.



Comfort and superior energy efficiency through intelligent home automation

Convenient control and switching of HVAC systems, lights, blinds and more –
with the Synco living home automation system



Contents at a glance

Modern living can be this affordable	3
Convenient operation – at home and on the road	4
The best climate for comfort – all year round	6
Saving energy – while protecting your investments	8
Reliable security – for your home and family	10

How would you like to have a comfortable home where you save energy costs every month? A pleasant oasis with a perfectly coordinated room climate? And the security of knowing that your home is always monitored even when you are not there?

Modern living can be this affordable

One system for your entire home

Synco™ living, the intelligent home automation system, turns your four walls into a secure and energy-efficient home. It is a reliable system that thinks along with you and controls many things in the background, including the room temperature and ventilation. Synco living controls your blinds, provides scene control functions, simulates your presence by turning lamps on and off, reports water damage and monitors doors and windows. In addition, a smart phone allows you to access the system at any time – from everywhere.

Comfortable and secure

Synco living's benefits include energy-efficient automation that reduces your energy consumption while making your living environment more comfortable. Many functions run automatically so you don't have to think about them or take action.

Not only does this eliminate many daily tasks, you also benefit from the system's reliability – extremely accurate values, precise control and great dependability. All components and functions are based on Siemens' many years of experience in building automation.

Adapting to your needs

In addition to easy operation, a comfortable room climate, energy efficiency and security, Synco living also offers a high level of flexibility. For example, if you determine that other scenes would be more suitable, you can customize Synco living to your new needs, either by programming new scenes or by reprogramming existing ones.

The Synco living home automation system makes your life more comfortable, lowers your energy and electricity costs and gives you a feeling of security.

Convenient operation – at home and on the road

With its convenient operation, your home automation system assists with your daily routine – either at home using the central apartment unit or from anywhere using your smart phone. Frequently recurring operations are easy to automate.

Intuitive user guidance

Synco living quickly and safely creates a comfortable room climate in your home. From the room temperature and air quality to lighting – all functions are user-friendly and easy to program. Using a tablet or smart phone, you can set the functions from the comfort of your couch, chair or bed. Conventional pushbuttons and operator units can also be used. Saved scenes simplify operation because one scene controls multiple devices at the same time. The “Movie” scene, for example, can lower the blinds and dim the lights. When you leave the house, a single press of a button turns off all lamps and the ventilation and lowers the heat to efficiency mode.

You can even interact with the system while you are away from home. Just use the free HomeControl app or Web access at any time to check whether the system is running smoothly and energy-efficiently. Settings can be changed by remote access as needed.

Easy recording of consumption data

The system also shows how much heat, air conditioning, water, electricity, etc. you have used. And you no longer have to let people into your home or arrange appointments for reading the meter. Instead, the consumption data can be read by remote access.

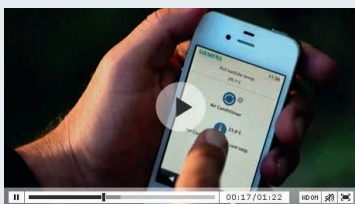
Did you know that ...

... you can operate your building automation system from anywhere using a smart phone or tablet?



HomeControl app from Siemens

Using the HomeControl app or Web access, you can remotely switch the room temperature to efficiency mode or turn up the heating if it turns out that you will arrive home earlier than expected.



www.siemens.com/app-homecontrol



The best climate for comfort – all year round

Nearly automatic comfort. Just tell the system when and where you want a specific room climate to be set. Everything else is automatic so you avoid overheated rooms.

Demand-based room automation

How would you like to come home to a preheated environment in winter or be greeted by a pleasantly cool one in summer? Synco living adjusts your heating and air conditioning based on time and demand. It automatically turns your ventilation and air conditioning plant on and off – using a time program or based on humidity and air quality. To protect rooms from sunlight or provide thermal insulation in winter, the blinds are lowered at the right time.

Flexible individual room control

What if you don't want the temperature of every room to be perfectly cozy? No problem. Synco living makes sure that your living room and bathroom are heated to a comfortable temperature while your bedroom, pantry or kitchen remain cooler. As a result, you maintain a perfectly adjusted room temperature throughout your home and save energy. To do this, you can set different values and times for each room. The system automatically ensures that the rooms reach the desired climate at the right time. In addition, the room temperature is always even and pleasant, thanks to maximum control accuracy.

Did you know that ...
... you can define different settings for each living area?



Consistent operation

Synco living offers operator and display units for different needs. The spectrum ranges from simplest operation from within the room or on the road using a smart phone, operation from a central apartment unit to professional PC tools during commissioning.



Saving energy – and protecting your investments

Help protect the environment by cutting your energy consumption and lowering CO₂ emissions: With Synco living, you benefit not only from a more comfortable and cozier living environment but also from a more energy-efficient home.

Reduced energy consumption

With Synco living, a comfortable and cozy environment goes hand in hand with low energy demand. Not only does the high-precision control system give you even heat, but you also reduce your energy consumption. Individual room control and timer programs prevent unnecessary heating of living areas. In addition, intelligent control functions save energy, for example, by turning off all lights with a single press of a button at the end of the day or shutting down the ventilation system and lowering the room temperature throughout the home when you go out.

Efficient automation and energy efficiency functions also have a positive effect on your electricity bill. Heating valves automatically close when windows are opened, which prevents unnecessary heating. At night, the system automatically lowers the room temperature to an efficiency level.

Transparent consumption data

You can read your consumption data in your home at any time. This helps you keep an eye on your costs and prevent unwanted developments early on.

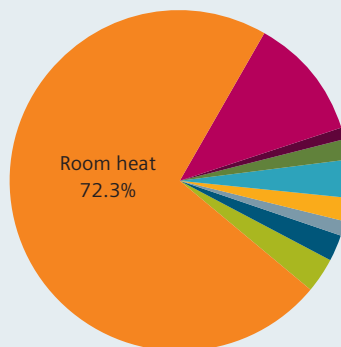
Did you know that ...

... you can reduce energy use by up to 30 percent through individual room control?



Cutting energy consumption

Approximately $\frac{3}{4}$ of the energy needed in the home goes to heating. Synco living can reduce thermal energy demand by as much as 30 percent.



Thermal energy consumption

- 72.3% room heat
- 11.8% hot water

Electrical energy consumption

- 1.0% air conditioning, ventilation, building services
- 2.1% lighting
- 2.1% entertainment
- 3.5% cooking
- 1.4% washer/dryer
- 2.6% freezer/refrigerator
- 3.2% other electrical appliances

Source: Bundesamt für Statistik (Federal Statistical Office), Switzerland, 2011

Reliable security – for your home and family

A watchdog for your home:
Synco living alerts you and your
family to dangerous situations and
makes it difficult for intruders to
enter your home.

Excellent all-around protection

Synco living takes good care of your home by monitoring your doors and windows. The system advises you against open windows when you are leaving. And when you're not at home, what can scare off uninvited guests before they even try to get inside? The presence simulator. Synco living turns the lights in the individual rooms on and off at different intervals, making it look like you are at home.

Early notification prevents damage

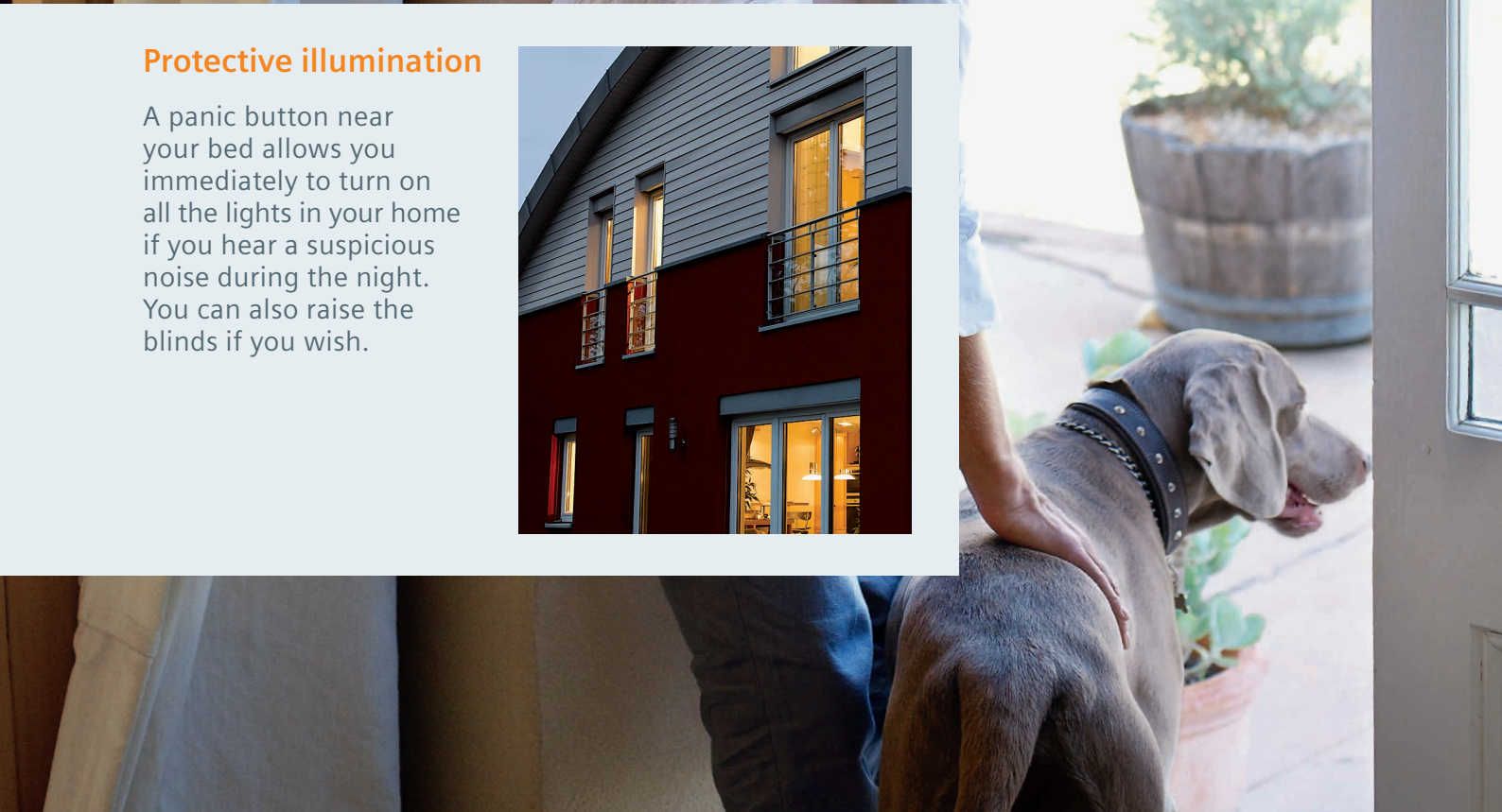
You are notified when water damage occurs. If water pools on the bathroom floor, in the kitchen or the laundry room, the system closes the shutoff valve in the main line, triggers an acoustic alarm and sends you a message by e-mail or SMS. This allows you to respond quickly to protect your carpets, wood floors and furniture against damage.

Did you know that ...
... your home can make it look
like you are there even when
you're on vacation?



Protective illumination

A panic button near your bed allows you immediately to turn on all the lights in your home if you hear a suspicious noise during the night. You can also raise the blinds if you wish.



Siemens Switzerland Ltd
Infrastructure & Cities Sector
Building Technologies Division
International Headquarters
Gubelstrasse 22
6301 Zug
Switzerland
Tel +41 41 724 24 24

The information in this document contains general descriptions of technical options available, which do not always have to be present in individual cases. The required features should therefore be specified in each individual case at the time of closing the contract. The document contains a general product overview. Availability can vary by country. For detailed product information, please contact the company office or authorized partners.

© Siemens Switzerland Ltd, 2014 • Order no. 0-92175-en • 0,51403

Answers for infrastructure and cities.

Our world is undergoing changes that force us to think in new ways: demographic change, urbanization, global warming and resource shortages. Maximum efficiency has top priority – and not only where energy is concerned. In addition, we need to increase comfort for the well-being of users. Also, our need for safety and security is constantly growing. For our customers, success is defined by how well they manage these challenges. Siemens has the answers.

“We are the trusted technology partner for energy-efficient, safe and secure buildings and infrastructure.”

