



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

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



Rapport

R41:1990

**Effektivisering och ersättning
av el i direktelvärmdda
flerbostadshus**

Anders Nilson

Christer Hjalmarsson

Anders Walter

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135446

Byggforskningsrådet

R41:1990

EFFEKTIVISERING OCH ERSÄTTNING AV EL
I DIREKTELVÄRMADA FLERBOSTADSHUS

Anders Nilson
Christer Hjalmarsson
Anders Walter

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 880631-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Bengt Dahlgren AB, Västra Frölunda.

REFERAT

Råda Säteri byggdes i slutet av 1960-talet och ägs och förvaltas av Förorternas Bostads AB (FÖRBO), Göteborg. Det omfattar totalt 43 st flerbostadshus, huvudsakligen trevåningshus, med sammanlagt 762 lägenheter.

Den totala normalårskorrigerade elförbrukningen för området är idag ca 13600 MWh/år, vilket motsvarar en specifik förbrukning på ca 260 kWh/m² lägenhetsyta, år.

En rad olika tänkbara eleffektiviserings- och elersättningsåtgärder har analyserats ur teknisk och ekonomisk synvinkel. Åtgärderna spänner över ett brett fält, alltifrån enkla och billiga eleffektiviseringsåtgärder (exempelvis nedreglering av frånluftsfläktar) till mer komplexa och dyra elersättningsåtgärder (exempelvis panncentral för gasol).

Direktelvärmda hus försågs oftast vid uppförandet med en klimatskärm av hög energiteknisk standard, varför aktuella åtgärder huvudsakligen är av driftteknisk och installationsteknisk art. Enda undantaget är byte av 3-glasfönster, som i detta fall i huvudsak motiveras av att visst renoveringsbehov finns.

Ett stort antal nuvärdeskalkyler har genomförts med en rad olika förutsättningar vad avser den framtida utvecklingen av priset på el och andra bränslen och val av kalkylränta. Syftet med dessa kalkyler har varit att finna fastighetsekonomiskt lönsamma åtgärder sett över en kalkylperiod på 30 år.

De ekonomiskt mest intressanta åtgärderna är nedreglering av frånluftsfläktar, upprustning av tvättstugor samt byte till 3-glasfönster (visst renoveringsbehov)

Ett genomförande av detta alternativ skulle innebära en grundinvestering på ca 13 miljoner kronor, varav ca 60 % eller 8.1 miljoner kronor skall belasta energikalkylen. Elbesparingen är ca 3000 MWh/år eller ca 22 % av dagens elförbrukning på ca 13600 MWh/år.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R41:1990

ISBN 91-540-5195-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1990

INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING.....	5
2	INLEDNING.....	9
3	BESKRIVNING AV OMRÅDET.....	11
4	BEFINTLIGT VVS-SYSTEM.....	15
4.1	Allmänt.....	15
4.2	Uppvärmning.....	15
4.3	Ventilation.....	16
4.4	Tappvarmvattenberedning.....	16
4.5	Torkning av tvätt.....	18
5	TEKNISKT UNDERLAG.....	20
5.1	Nuvarande energiförbrukning.....	20
5.2	Dimensionerande effektbehov.....	23
5.3	Elkostnader och taxor.....	24
6	ELEFFEKTIVISERINGS- OCH ELERSÄTTNINGSSÅTGÄRDER.....	26
6.1	Enklare åtgärder.....	26
6.1.1	Ändring av frånluftsflöden.....	26
6.1.2	Upprustning av tvättstugor.....	26
6.1.3	Tappvarmvattenberedning.....	27
6.1.4	Individuell mätning och debitering.....	27
6.1.5	Frånluftsvärmepump.....	28
6.2	Byggnadstekniska åtgärder.....	29
6.2.1	Fasad- och vindsisolering.....	29
6.2.2	Byte av fönster.....	30
6.3	Konverteringsåtgärder för elersättning.....	30
6.3.1	Allmänt.....	30
6.3.2	Panncentral för naturgas.....	32
6.3.3	Panncentral för gasol.....	32
6.3.4	Panncentral för träpulver.....	33
6.3.5	Panncentral för olja.....	34
6.3.6	Undercentraler.....	35
6.3.7	Vattenburna värmedistributionssystem.....	35
6.3.8	Luftburen värme.....	38
6.4	Åtgärdsalternativ för ekonomisk analys.....	39
6.5	Elbesparing och elersättning.....	40
7	EKONOMI.....	43
7.1	Investeringskostnader.....	43
7.2	Årliga kostnader för drift och underhåll.....	46
7.3	Lönsamhetskalkyler.....	50
7.4	Känslighetsanalyser.....	52
7.5	Diskussion.....	55

8	MILJÖKONSEKVENSER.....	56
9	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	57
10	REFERENSER	61

0 FÖRORD

Föreliggande rapport redovisar resultatet av en förstudie angående möjligheterna att genomföra olika eleffektiviserings- och elersättningsåtgärder i flerbostadshusområdet Råda Säteri i Mölnlycke kommun utanför Göteborg, som idag är direktelvärt.

Området byggdes i slutet av 1960-talet och ägs och förvaltas av Förorterernas Bostads AB (FÖRBO), Göteborg. Det omfattar totalt 43 st flerbostadshus, med sammanlagt 762 lägenheter. Husen i Råda Säteri är huvudsaken trevåningshus och har enbart frånluftsventilation (F-system).

I denna förstudie har en rad olika eleffektiviserings- och elersättningsåtgärder studerats. Vi har dock endast redovisat de väsentligaste åtgärderna. Av dessa redovisade åtgärder är dock inte alla tekniskt och/eller fastighetsekonomiskt intressanta för Råda Säteri.

Anledningen till att vi ändå valt att redovisa dem, är att några av dem kan vara intressanta för andra direktelvärdma flerbostadshus- eller större grupphusområden. En av avsikterna med förstudien har nämligen varit att ge en så bred översikt som möjligt över olika till buds stående åtgärder på området.

Utredningsarbetet har genomförts av Bengt Dahlgren AB, Göteborg och har finansierats med medel från Statens råd för byggnadsforskning (BFR), Stockholm och Vattenfall, Stockholm.

1 SAMMANFATTNING

Råda Säteri är beläget i en mycket naturskön miljö invid Rådasjön i Härryda kommun. Avståndet till Göteborgs centrum är cirka 10 km.

Området byggdes i slutet av 1960-talet och ägs och förvaltas av Förörternas Bostads AB (FÖRBO), Göteborg. Det omfattar totalt 43 st flerbostadshus, huvudsakligen trevåningshus, med sammanlagt 762 lägenheter.

Husen uppfördes av samma byggföretag, som några år tidigare även uppförde det största direktelvärmda flerbostadshusområdet i landet - Råslätt i Jönköping.

Den totala normalårskorrigerade elförbrukningen för området är idag ca 13600 MWh/år, vilket motsvarar en specifik förbrukning på ca 260 kWh/m² lägenhetsyta, år.

En rad olika tänkbara eleffektiviserings- och elersättningsåtgärder har analyserats ur teknisk och ekonomisk synvinkel. Åtgärderna spänner över ett brett fält, alltifrån enkla och billiga eleffektiviseringsåtgärder (exempelvis nedreglering av frånluftsfläktar) till mer komplexa och dyra elersättningsåtgärder (exempelvis panncentral för gasol).

Då direktelvärmda hus oftast redan vid uppförandet försågs med en klimatskärm av hög energiteknisk standard, vilken ytterligt sällan är fastighetsekonomiskt lönsam att tilläggsisolera - om inte renoveringsbehov föreligger - har åtgärderna huvudsakligen varit av driftteknisk och installationsteknisk art. Enda undantaget är byte av 3-glasfönster, som i detta fall i huvudsak motiveras av att visst renoveringsbehov finns.

Ett stort antal nuvärdeskalkyler har genomförts med en rad olika förutsättningar vad avser den framtida utvecklingen av priset på el och andra bränslen och val av kalkylränta. Syftet med dessa kalkyler har varit att finna fastighetsekonomiskt lönsamma åtgärder sett över en kalkylperiod på 30 år. Som huvudalternativ har vi använt en real kalkylränta på 6 %.

Genomförda nuvärdeskalkyler visar att det i fallet Råda Säteri är konventionella energihushållningsåtgärder, som är ekonomiskt intressanta. Även vissa kombinationer av eleffektiviseringsåtgärder och mer omfattande elersättningsåtgärder är med en real kalkylränta på 4 % lönsamma. De ekonomiskt mest intressanta åtgärderna är:

- o Nedreglering av frånluftsfläktar
- o Upprustning av tvättstugor
- o Byte till 3-glasfönster (visst renoveringsbehov)

Oavsett den framtida utvecklingen av elpriset, förordar vi att dessa tre åtgärder genomföres.

Ett genomförande av detta alternativ skulle innebära en grundinvestering på ca 13 miljoner kronor, varav ca 60 % eller 8.1 miljoner kronor skall belasta energikalkylen på grund av att fönstren är i behov av viss renovering. Elbesparingen är ca 3000 MWh/år eller ca 22 % av dagens elförbrukning på ca 13600 MWh/år.

Även ett alternativ där ovanstående åtgärder kombineras med frånluftsvärmepumpar för varmvattenberedning är lönsamt vid huvudalternativets val av real kalkylränta på 6 %. Lönsamheten är dock lägre för detta alternativ. För detta alternativ erfordras en grundinvestering på ca 17 miljoner kronor som skall belasta energikalkylen. Elbesparingen blir här ca 4600 MWh/år eller ca 34 %.

För att erhålla markant större reduktion av elförbrukningen erfordras åtgärder, där större delen av el för uppvärmning och varmvattenberedning ersätts helt eller delvis med annat energislag. En teknisk komplikation härvidlag är dock att man måste hitta ett värmedistributionssystem baserat på vatten eller luft som värmebärare. Detta kräver dock utrymmen för rör- och/eller kanaldragning, något som vanligtvis är svårt att finna i hus, som ursprungligen byggts för direktelvärme.

Motiven för att använda direktelvärme har tidigare just varit låga bygg- och installationskostnader, låga underhållskostnader samt miljövänlighet.

För att ändå möjliggöra sådana värmedistributionssystem, måste i flertalet fall ganska okonventionella installationstekniska lösningar tillgripas. Härvid måste ofta någon av de många aspekter som normalt beaktas i ett projekteringssskede ges lägre prioritet.

Att introducera ett luftburet värmesystem har av praktiska orsaker inte bedömts intressant i Råda Säteri, då husen saknar ett tilluftssystem och vettiga utrymmen för aggregatplacering och kanaldragning. Om husen redan från början hade haft ett balanserat ventilationssystem, som fallet är med det direktelvärmdda flerbostadshusområdet i Råslätt, skulle en introduktion av luftburen värme kunnat vara ett tänkbart alternativ. Noggranna tekniska överväganden rörande klimatskärmens täthet m fl frågor måste dock alltid föregå en introduktion av sådana system.

Vad beträffar vattenburna värmesystem har dels ett konventionellt radiatorsystem dels ett på nyutvecklade sk sockelkonvektorer (värmelista "Thermoline") baserat system studerats. Inte heller för dessa har vi funnit helt invändningsfria lösningar vad avser rördragning mm.

Av de studerade panncentralalternativen, där ett vattenburet värmesystem har förutsatts, är **inget lönsamt** vid en real kalkylränta på 6 %. Dock ligger panncentralalternativ baserade på träpulver eller olja närmare lönsamhetsgränsen än alternativen baserade på naturgas och gasol.

En av orsakerna till att naturgas eller gasol är sämre än ovannämnda bränslen beror dels på dagens värmekostnad dels på den framtida förmodade prisutvecklingen för dessa bränslen.

Det finns dock skäl att förmoda att man skulle kunna förhandla sig till en något lägre värmekostnad, då området Råda Säteri i sig skulle utgöra en ganska stor naturgaskund. Vid ett större genomslag för naturgasen i Sverige är det möjligt att den framtida prisutvecklingen skulle kunna bli mer gynnsam än vad vi har antagit. Vi stödjer oss då på hur prisutvecklingen har varit i andra industriländer i Europa. Allt detta är dock idag **mycket osäkra faktorer**.

Om lönsamhetskravet sänks från en real kalkylränta på 6 % till 4 %, är samtliga panncentralalternativ lönsamma utom naturgas och gasolalternativen.

Då gasol är ett med naturgas, tekniskt och miljömässigt, mycket likvärdigt bränsle skulle en framtida eventuell anslutning till naturgas kunna föregås av en gasolperiod.

För att få ett bättre beslutsunderlag för ett gasol- eller naturgasalternativ, bör dock någon form av förprojektering göras av såväl lokalt värmedistributionssystem som panncentral.

En sådan förprojektering bör koncentreras på att närmare penetrera utrymmesbehov, lämpligaste rördragningsstråk samt placering och utformning av panncentralen ur bl a säkerhetsynpunkt.

Ur miljösynpunkt och nationell synpunkt förordar vi gasol eller naturgas som bränsle, även om alternativ med pulverbränsle och olja ur lönsamhetssynpunkt ligger bättre till.

Nackdelen med pulverbränslealternativet är att man dels blir begränsad till i stort sett en bränsleproducent dels får ett alternativ som torde ställa högre krav på underhåll än övriga beroende på bl a den nödvändiga askhanteringsutrustningen.

Att ersätta el med olja vore enligt vår mening en kortsiktig energiteknisk lösning. Detta alternativ har endast medtagits för jämförelsens skull.

För åtgärdsalternativen där panncentraler ingår erfordras grundinvesteringar på mellan 28.3 och 29.8 miljoner kronor, beroende på bränsleslag och typ av vattenburet värmedistributionsystem. I dessa alternativ reduceras elförbrukningen i Råda Säteri med ca 11350 MWh/år eller ca 82 %.

Av dessa 11350 MWh/ år ersätts dock ca 8350 MWh/år eller ca 60 % av energi från andra bränslen. Detta innebär att den rena elbesparingen är ca 3000 MWh/år.

En nackdel med **samtliga** alternativ där panncentral ingår, är att sådana anläggningar kräver personal med sannolikt annan kompetens än den som personalen i området idag har.

2 INLEDNING

Förorterernas Bostads AB (FÖRBO) i Göteborg är ett interkommunalt allmännyttigt bostadsföretag inom SABO med fem ägare - Härryda, Mölndals, Kungälv och Lerums kommuner samt Göteborgs Förorters förbund. FÖRBO äger och förvaltar idag totalt ca 4000 lägenheter och ca 33000 m² prima lokaler i ovannämnda kranskommuner till Göteborg.

Av dessa ca 4000 lägenheter är ca hälften direktelvärmda. För merparten av dessa tillämpas kollektiv mätning och debitering.

På grund av de i framtiden ökande elpriserna och den förestående omställningen av vårt energisystem har man från FÖRBO:s sida redan idag velat se om sitt direktelvärmda flerbostadshusbestånd.

Bengt Dahlgren AB, Göteborg har fått i uppdrag att utarbeta ett handlingsprogram för FÖRBO:s framtida agerande på detta område. Vattenfall och Statens råd för byggnadsforskning (BFR) har gemensamt stött föreliggande förstudie ekonomiskt.

Denna förstudie har i första hand syftat till att ta fram ett underlag för ovannämnda handlingsprogram baserat på en förstudie för flerbostadshusområdet Råda Säteri i Mölnlycke (Härryda kommun) strax utanför Göteborg.

De 43 st direktelvärmda flerbostadshusen i Råda Säteri byggdes i slutet av 1960-talet - några år efter Råslätt i Jönköping, som är det största direktelvärmda flerbostadshusområdet i landet. Området består totalt av 762 st lägenheter, mycket vackert belägna invid Rådasjön.

Då husen byggdes i slutet på 1960-talet, ansågs direktelvärmde vara det billigaste och mest miljövänliga uppvärmningsalternativet. Idag när kärnkraftavvecklingen är förestående är situationen annorlunda.

Föreliggande förstudie behandlar olika tänkbara eleffektiverings- och elersättningsåtgärder för ett typiskt direktelvärmde flerbostadshusområde från slutet av 1960-talet.

De alternativ som behandlas i rapporten är:

- Nedreglering av frånluftsfläktar.
- Upprustning av tvättstugor.
- Frånluftsvärmepump för uppvärmning av tappvarmvatten.

- Övergång från kollektiv till individuell mätning och debitering av hyresgästernas elförbrukning för värme och hushåll.
- Fönsterbyte från 2-glas- till 3-glasfönster på grund av visst renoveringsbehov.
- Konvertering från el till andra energislag genom centralt placerade panncentraler för eldning med naturgas, gasol, träpulver eller olja.
- Övergång till vattenburet värmedistributionssystem med radiatorer respektive med s k värmelister i samband med konvertering till andra energislag.
- Övergång till luftburen värmedistribution via nytt tilluftssystem.

Husens fasader är välisolerade ($U=0.25 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$) och saknar renoveringsbehov, varför någon eventuell tilläggsisolering inte är aktuell i detta fall.

Nedan visas en översiktsplan över området.

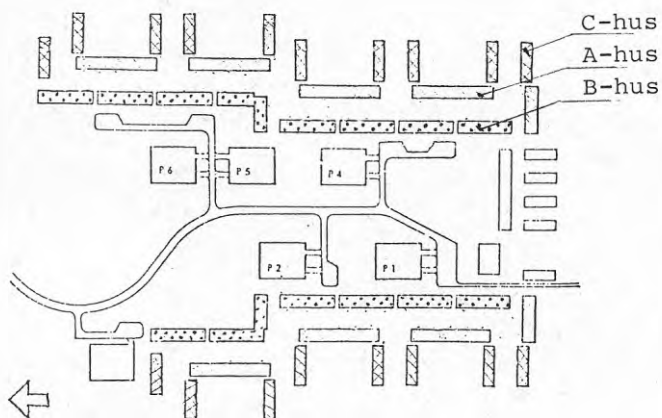


Fig 2. Bostadsområdet i Råda Säteri

C-husen är loftgångshus, vilket de andra hustyperna inte är. A- och B-husen är relativt lika, skillnaden är att i A-husen finns de mindre lägenheterna medan områdets största lägenheter endast finns i B-husen. Lägenhetsfördelningen i området är följande:

Lägenhetstyp	Lägenhetsyta (m ²)	Antal
1 rok	42.7	83
1 rok	47.7	8
2 rok	65.4	225
3 rok	67.0	155
3 rok	76.3	172
3 rok	81.1	32
3 rok	81.5	48
4 rok	98.0	39

Tabell 1. Lägenhetsfördelning

Den totala lägenhetsytan är cirka 52500 m², vilket innebär att en medellägenhet motsvarar ca 70 m²/lägenhet.



Fig 3. Några B-hus i bostadsområdet

I figur 3 ses framsidans fasader på några B-hus i området. A-husen ser ungefär likadana ut men med den skillnaden att bal-

kongerna är placerade något annorlunda och att A-husen är längre.

Samtliga lägenheter i A- och B-hus har separata balkonger. C-husen har separata balkonger endast till de större lägenheterna om 3 rum och kök. I övrigt har samtliga lägenheter tillgång till loftgångarna i denna hustyp.

I området finns förutom hyreshusen ett hus som inrymmer FÖRBO:s fastighetsservice och en butik. Dessutom finns en LM-skola och daghem.



Fig 4. En av fasaderna på ett C-hus

4 BEFINTLIGT VVS-SYSTEM

4.1 Allmänt

Uppvärmningen sker med direktverkande elradiatorer. Från en i områdesexpeditionen placerad dator sker en rundstyrning av elradiatorerna samt styrning av frånluftsfläktarna.

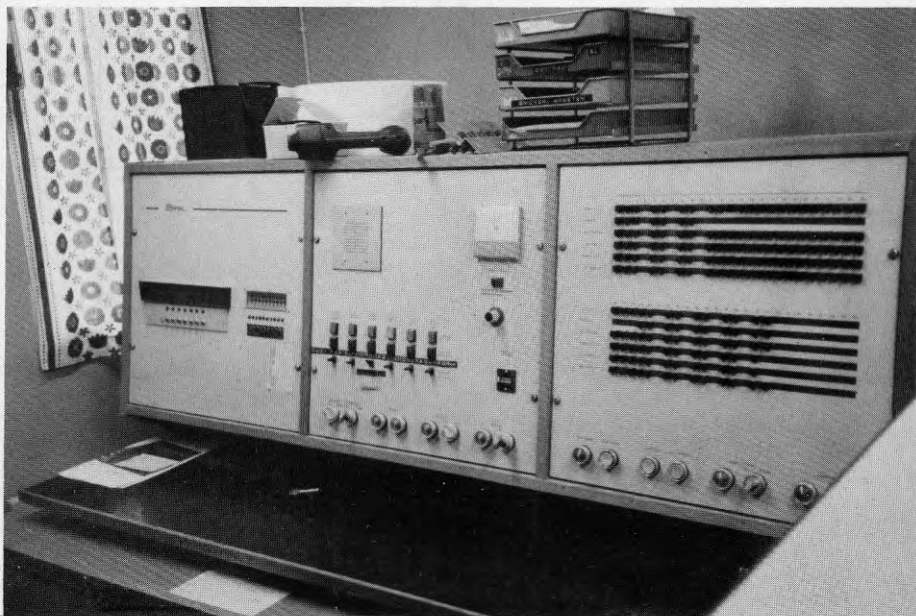


Fig 5. Dator för laststyrning inom området

Härryda Energi AB har möjlighet att tillfälligt minska elradiatoreffekten med 15 % under en begränsad tid. Denna åtgärd registreras i datorn.

Varmvattenberedningen sker i totalt 34 undercentraler i området. Även varmvattenberedningen kan i viss mån datorstyras, genom att Härryda Energi AB också har möjlighet att tillfälligt koppla bort elpannorna för varmvattenberedningen.

4.2 Uppvärmning

Förutom ovannämnda rundstyrning via datorn styrs elradiatorerna för uppvärmning via konventionella radiatortermostater.

Effekten till lägenheternas elradiatorer styrs automatiskt efter utetemperaturens variation. Regleringen med avseende på utetemperaturen följer en i datorn inprogrammerad kurva.

Lägenheterna matas via separata stigarledningar för elvärmen. Kontaktorerna i elvärmestigarna styrs från effektregeringskretsarna i fjärrmanöversystemets huvudcentral.

Vid en schematisk framställning kan man tänka sig hela området i Råda Säteri uppdelat i 32 sektorer för eltillförsel.

Regleringen sker genom att en strömförande sektor "roterar" runt hela området och gör ett varv på fyra minuter. Detta sker genom att en sektor kopplas ur samtidigt som en ny kopplas in. Detta betyder att vid en 25 %-ig värmertilddelning är varje enskild radiator inkopplad under en minut och urkopplad under tre minuter.

4.3 Ventilation

I Råda Säteri finns enbart frånluftsventilation. Samtliga frånluftsfläktar är placerade på hustaken. Varje aggregat försörjer i princip ett trapphus var. Det finns två lägenheter per plan i varje trapphus i A- och B-husen. Då husen har tre våningar betyder det att, förutom trapphus och sopschakt, varje frånluftsfläkt i genomsnitt evakuerar luft från sex lägenheter per frånluftsaggregat.

De frånluftsaggregat som finns i Råda Säteri är samma typ av aggregat som Fläkt har sålt under beteckningen JBBA.

Enligt arbetsritningarna motsvarar luftflödena i genomsnitt 1 oms/h. Vid mätningar på platsen av tre olika frånluftsaggregat erhöles ett luftflöde motsvarande cirka 1 oms/h. Detta betyder att frånluftsflödena i stort motsvarar projekterade värden.

Även frånluftsfläktarna styrs i viss mån av huvudcentralen. Fläktarna kopplas om till halvfart då utetemperaturen understiger 0 °C och stängs av om utetemperaturen understiger -15 °C.

Uteluften tas in i lägenheterna via friskluftsventiler i fönster, klädkammare och skafferier.

4.4 Tappvarmvattenberedning

I bostadsområdet Råda Säteri finns totalt 34 undercentraler i vilka tappvarmvattenberedningen sker. Dessa är belägna i hus typerna B och C.

Undercentralerna i B-husen försörjer endast det hus som respektive undercentral är belägen i. Medan undercentralerna i C-husen även försörjer A-husen med tappvarmvatten. Varje undercentral i C-husen försörjer, förutom C-huset som undercentralen ligger i, även 60 % eller 40 % av ett A-hus.

Varmvattenberedningen sker med hjälp av elpannor som finns i respektive undercentral.

I undercentralerna finns dessutom ackumulatorer för lagring av hetvatten. Vid projekteringstillfället var eltaxan lägre under nattid än under dagtid, varför ackumulatorerna dimensionerades för att kunna lagra dagsbehovet av energi för tappvarmvatten.

I följande figur redovisas ett principiellt flödesschema över undercentralernas tappvarmvattensystem.

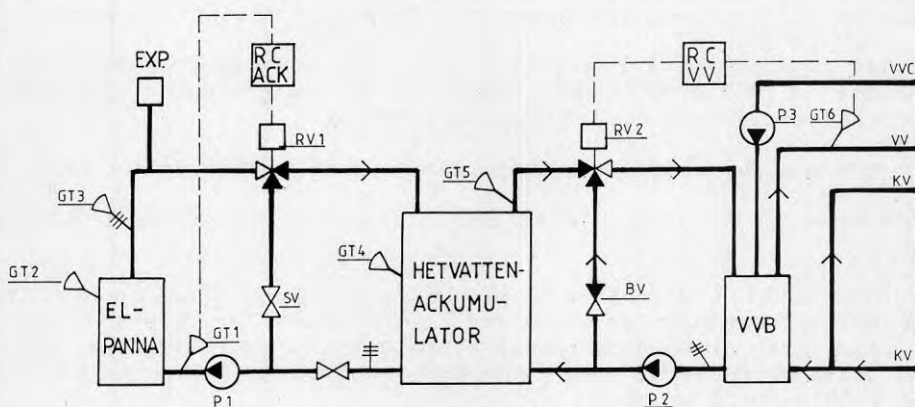


Fig 6. Flödesschema över undercentralernas tappvarmvattenberedningssystem

Nattackumulering skulle ha styrts från huvudcentralen. På grund av tidigare problem med regleringen och att eltariffen idag inte premierar en nattackumulering, har möjligheten till nattackumulering aldrig utnyttjats. Konstanthållning av temperaturen ut från elpannan erhålles med en recirkulationskrets mellan panna och hetvattenackumulator. Ackumulatorvolymerna är tillräckligt stora för att lagra ett helt dagsbehov.

Vid genomgång i en del av undercentralerna har följande kunnat konstateras:

- o Några av undercentralerna hade relativt höga tappvarmvattentemperaturer
- o Styrningen av tappvarmvattentemperaturen fungerade inte tillfredsställande

Som tidigare har nämnts kan Härryda Energi AB vid behov också koppla ur elpannorna för varmvattenberedningen

4.5 Torkning av tvätt

I bostadsområdet finns det totalt sju tvättstugor. I anslutning till varje tvättstuga finns det idag två eluppvärmda torkskåp, dvs totalt 14 torkskåp. Några konventionella torkrum finns således inte i anslutning till tvättstugorna.

FÖRBO har i liten skala provat att byta ut elvärmare i dessa torkskåp till avfuktningssaggregat. Dock med dåligt resultat.

De båda torkskåpen i respektive tvättstuga är placerade intill varandra. I följande figur redovisas en principiell planskiss över tvättstugornas befintliga utformning.

Golvytan som de båda torkskåpen disponerar är totalt ca 6 m².

Eleffekten på de idag utnyttjade elvärmarna är cirka 9 kW per skåp.

För att erhålla en effektivare torkning har föreslagits att befintliga torkskåp utbytes mot torktumlare av konventionell typ samt att varje tvättstuga kompletteras med två nya separata torkrum försedda med avfuktningssaggregat. Detta kräver en viss tillbyggnad av varje tvättstuga.

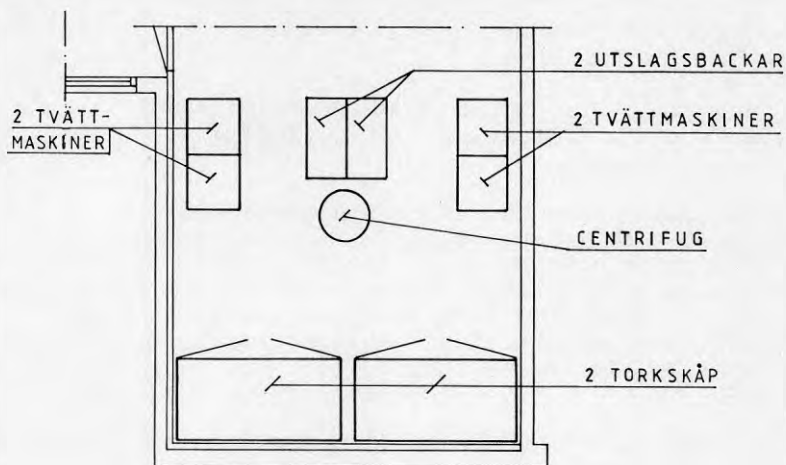


Fig 7. Planskiss över en befintlig tvättstuga

5 TEKNISKT UNDERLAG

Som underlag för förstudien har följande handlingar utnyttjats:

- o Informationsmaterial om bostadsområdet
- o A-,K- och VVS-ritningar
- o Uppgifter om årsenergiförbrukningar
- o Handlingar gällande styrutrustning och dimensionerande beräkningar för eluppvärmningen
- o Tidigare genomförd utredning om individuell mätning och debitering

Förutom detta har också området besökts och några av undercentralerna inventerats samt frånluftsflöden mätts för ett antal aggregat.

5.1 Nuvarande energiförbrukning

Den totala årsenergiförbrukningen för åren 1983-1987 har enligt uppgift från FÖRBO varit följande (ej normalårskorrigerade):

År 1983	12 841 MWh
År 1984	12 473 MWh
År 1985	14 294 MWh
År 1986	14 012 MWh
År 1987	13 578 MWh

Dessa värden har sedan normalårskorrigerats med avseende på energiförbrukningen för uppvärmning med Säve som vald klimatstation.

Då enbart en total mätning av elförbrukningen sker i Råda Säteri, måste vissa antaganden göras vad avser andel energi för hushålls- och fastighetsel samt varmvatten göras.

Med utgångspunkt från (1,2) har förbrukningen av hushålls- och fastighetsel antagits till ca 45 kWh/m² lägenhetsyta och år och energiförbrukningen för tappvarmvatten till ca 3500 kWh/lägenhet, år. Dessa antaganden ger en energiförbrukning för hushålls- och fastighetsel på ca 2400 MWh/år och en energiförbrukning för varmvatten på ca 2700 MWh/år. Dessa delposter motsvarar tillsammans således ca 5100 MWh/år.

I följande figur redovisas de totalt uppmätta energiförbrukningarna och de normalårskorrigerade värdena.

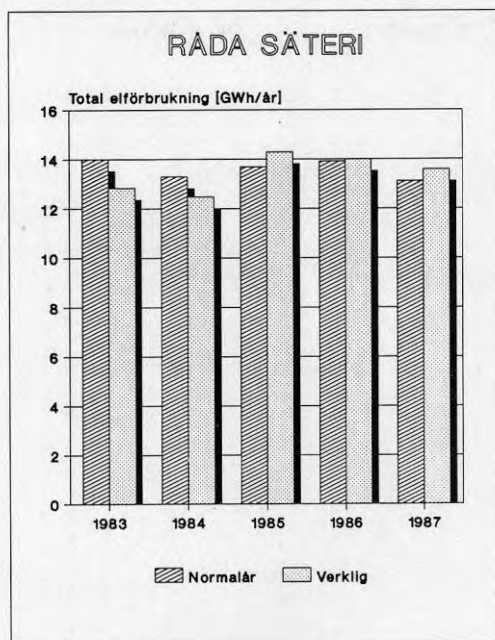


Fig 8. Total elenergiförbrukning under åren 1983 till 1987

Det genomsnittliga värdet av normalårskorrigeringen för åren 1983 t o m 1987 blir 13600 MWh/år för den totala energiförbrukningen. Detta motsvarar ca 18000 kWh/lägenhet, år.

Ventilationen styrs av två utomhustermostater. Vid utomhustemperaturer över 0 °C körs fläktarna med fullt varvtal motsvarande en luftomsättning på 1 oms/h för att vid utomhustemperaturer mellan 0 °C och -15 °C gå med reducerat varvtal motsvarande 0.5 oms/h. Då utetemperaturen understiger -15 °C stängs fläktarna av.

På grund av termiska stigkrafter vid så låga utomhustemperaturer som -15 °C och därunder, blir dock inte frånluftsflödet i realiteten 0 m³/h. Vi har antagit att frånluftsflödet i dessa fall motsvarar ca 0.5 oms/h även om fläktarna är avstängda.

Med hjälp av ett varaktighetsdiagram för utetemperaturens variation under ett normalår i Göteborg har energiförbrukningen för ventilation beräknats till ca 5500 MWh/år.

Kvarvarande energiförbrukning på ca 3000 MWh/år, dvs efter avdrag för hushålls-/fastighetsel och varmvattenförbrukning, utgör då transmissionens andel av den totala energiförbrukningen. Enligt konstruktionsritningarna är U-värdet ca $0.25 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ för fasaderna.

Följande fördelning av det totala energibehovet på 13600 MWh/år erhålls således i Råda Säteri.

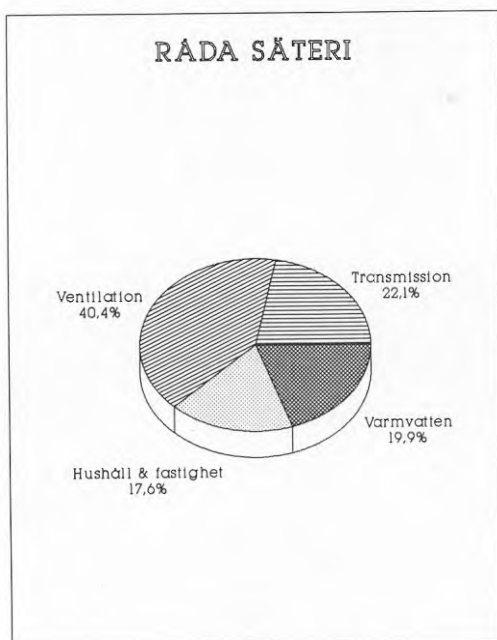


Fig 9. Total normalårskorrigerad energiförbrukning uppdelad på delposter

Den normalårskorrigerade totala specifika elanvändningen för området blir i genomsnitt ca 260 kWh/m^2 lägenhetsyta, år, vilket framgår av följande figur.

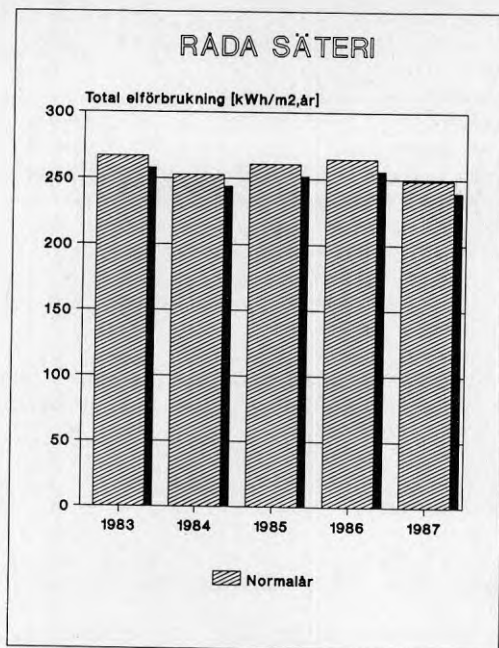


Fig 10. Total specifik energiförbrukning

5.2 Dimensionerande effektbehov

Energiförbrukningen under ett normalår har enligt tidigare uppdelats i 2700 MWh för tappvarmvatten och 2400 MWh för hushålls- och fastighetsel. Uppvärmningsdelen består av två delposter, transmission 3000 MWh/år och ventilation 5500 MWh/år.

Följande uppskattningar av dimensionerande specifika effektbehov har hämtats ur (2).

Tappvarmvattnets uppvärmningseffekt har antagits till 10 W/m² lägenhetsyta.

Hushålls- och fastighetsel har antagits motsvara ett genomsnittligt effektbehov på 18 W/m² lägenhetsyta.

För uppvärmningsbehovet (transmission och ventilation) har ett specifikt effektbehov på 1.2 W/m² lägenhetsyta och °C temperaturskillnad inne-ute antagits. Detta värde förutsätter en luftomsättning på 0.5 oms/h och 3-glasfönster.

Härav fås så följande sammanställning avseende dimensionerande effektbehov i Råda Säteri.

Uppvärmning	2.3 MW
Tappvarmvatten	0.5 MW
Hushålls- och fastighetsel	1.0 MW
Totalt	3.8 MW

Tabell 2. Dimensionerande effektbehov

Den effekt som bestämde abonnemangsavgiften i Råda 1987 var ca 3.7 MW. Här föreligger således en god överensstämmelse med ovan uppskattade effektbehov.

5.3 Elkostnader och taxor

Elkostnaden för 1987 uppgick till totalt ca 4.3 miljoner kr för en energiförbrukning på ca 13600 MWh.

Under 1987 gällde följande elpriser för området i Råda Säteri:

Fast avgift.....	4 300 kr
Abonemangsavgift.....	50 kr/kW
Högbelastningsavgift.....	280 kr/kW
Energipriskorrigering	
januari - april.....	15.8 öre/kWh
maj - juni.....	11.5 öre/kWh
juli.....	8.3 öre/kWh
augusti - september.....	11.5 öre/kWh
oktober - december.....	15.8 öre/kWh
Indextillägget var.....	13.104 %
Energiprisavdrag	
januari - april.....	- 0.9718 öre/kWh
maj - september.....	- 0.2968 öre/kWh
oktober - december.....	- 0.9718 öre/kWh
Kärnkraftavgift.....	0.11 öre/kWh
Energiskatt.....	7.2 öre/kWh

Det genomsnittliga energipriset 1987 var cirka 24 öre/kWh. Om kärnkraftsavgift och energiskatt inräknas blir det genomsnittliga energipriset för 1987 istället 31,5 öre/kWh. Priserna har viktats med hänsyn till energifördelningen per månad under 1987.

Under 1988 har avgifterna varit så gott som oförändrade, in-dextillägget ökade dock till 16.32 % och energiprisavdragen ökade till -1.013 öre/kWh för jan-april och okt-dec samt avdraget -0.4505 öre/kWh för övriga månader. Detta medförde att den genomsnittliga energi- och effektavgiften ökade cirka 1 öre/kWh, vilket ger ett genomsnittligt energipris för 1988 på ca 32.5 öre/kWh.

Avgifterna stiger under 1989 betydligt. Följande taxor kommer att tillämpas i Härryda (tariff N4):

Fast avgift.....	5 000 kr
Abonnemangavgift.....	70 kr/kW
Högbelastningsavgift.....	310 kr/kW

Energiavgifter

jan-mars, nov, dec, mån-fred kl 06-22...	29.1 öre/kWh
natt+lör-sön.....	18.5 öre/kWh
apr,sept,okt.....	16.0 öre/kWh
maj-aug.....	9.5 öre/kWh

Till ovanstående kostnader tillkommer energiskatt på 7.2 öre/kWh och en kärnkraftsavgift på 0.06 öre/kWh. Den genomsnittliga totala energi- och effektavgiften, viktad enligt 1987 års förbrukning, blir då ca 36 öre/kWh. Alltså en höjning med ca 15 % jämfört med 1988 års prisnivå.

Möjligheten att idag mäta dag- respektive nattförbrukningen separat finns ännu inte i Härryda, varför en korrigerad energiavgift för hela dygnet istället kommer att debiteras.

6 ELEFFEKTIVISERINGS- OCH ELERSÄTTNINGSÅTGÄRDER

I följande avsnitt redovisas olika typer av åtgärder som kan komma att minska elenergiförbrukningen och effektbehovet.

Några av de redovisade åtgärderna är enkla att genomföra medan andra åtgärder är betydligt mer komplicerade och också mer kapitalintensiva.

6.1 Enklare åtgärder

Här beskrivs åtgärder som är elenergibesparande och relativt enkla att genomföra. Dessa åtgärder ändrar inte på det befintliga elradiatorsystemet.

6.1.1 Ändring av frånluftsflöden

I lägenheterna evakueras frånluften via kök och badrum. Fläktaggregaten är placerade på taken med en fläkt för varje trapphus.

Vid utomhustemperaturer över 0 °C körs fläktarna med fullt varvtal motsvarande en luftomsättning på 1 oms/h för att vid utomhustemperaturer mellan 0 °C och -15 °C gå med reducerat varvtal motsvarande 0.5 oms/h. Då utetemperaturen understiger -15 °C stängs fläktarna av.

Genom att nedreglera dessa fläktar så att frånluftsflödet alltid motsvarar 0.5 oms/h (enl SBN 80) skulle en energibesparing motsvarande cirka 2300 MWh/år kunna erhållas.

Nedregleringen kan enkelt göras genom en omprogrammering av den centrala styrdatorn så att nedregleringstemperaturen 0 °C ändras till en högre temperatur, exempelvis +20 °C.

För att undanröja risken för fuktskador i badrum, får dock inte frånluftsflödena bli för små. För att säkerställa att så inte sker måste en injustering av frånluftssystemen göras, efter nedreglering av fläktarna.

6.1.2 Upprustning av tvättstugor

FÖRBO har tänkt att prova en annan typ av avfuktningssystem än den som hittills har provats. Den nya typen av avfuktningssystem och torktummlare har ännu lägre effektbehov. Denna lösning kräver dock en ombyggnad och utökning av befintliga tvättstugor så att konventionella torkrum ryms.

Den energibesparing som kan erhållas om eltorkarna byts till nya avfuktningssaggregat och torktumlare är cirka 150 MWh/år eller ca 21500 kWh/tvättstuga, år.

6.1.3 Tappvarmvattenberedning

Efter genomgång i några undercentraler har en del brister i tappvarmvattenberedningen upptäckts. Bl a har relativt höga temperaturnivåer förekommit.

Efter en ombyggnad 1981-1982 har möjligheterna till att bara bereda tappvarmvatten under nätterna inte provats. Då eltariffen inte har haft någon uppdelning mellan dag- och nattaxa har det inte funnits anledning att undersöka detta. Härryda Energi AB har dock uppgett att de planerar att införa möjligheten till nattaxa.

Detta faktum och den i dag, i vissa fall, dåligt fungerande styrningen motiverar en ordentlig genomgång av undercentralerna.

Genom att utföra detaljerade mätningar i undercentralerna skulle en del svårupptäckta styrproblem kunna åtgärdas.

Det är svårt att uppskatta storleken på en eventuell energibesparing på grund av detta. Om tappvarmvattentemperaturerna kan sänkas kommer dock en viss energibesparing att kunna göras.

Om möjligheten att utnyttja nattackumulering kommer att utnyttjas kommer däremot en kostnadsbesparing att erhållas.

6.1.4 Individuell mätning och debitering

På uppdrag av FÖRBO gjordes redan 1979 en utredning angående övergång från kollektiv till individuell eldebitering för hyresgästerna. Resultatet från den utredningen visade att det inte var ekonomiskt lönsamt att genomföra ändringar för att förändra nuvarande debiteringssätt. I samband med utredningen antogs att en energibesparing på uppvärmningsandelen skulle kunna bli 10 till 15 %.

Enligt mångas bedömning torde en elbesparing på maximalt ca 5 % av värmeförbrukningen kunna uppnås vid en övergång från kollektiv till individuell mätning och debitering av elförbrukningen. Detta stöds bl a av de praktiska försök som gjorts i det tidigare nämnda Råslättsområdet i Jönköping och som redovisas i (3). Där har besparingen av elenergi för uppvärmning varit knappt 1 %. För Råda Säteri skulle detta motsvara en besparing på ca 85 MWh/år.

Idag har priserna för elinstallationer och elprodukter ökat med cirka 140 % sedan 1979. Då elenergi priset ännu inte har ökat i motsvarande takt samt att energibesparingen blir mindre än vad som tidigare antagits, blir en ändring av elmätning- och -debiteringssystemet inte heller idag ekonomiskt lönsam.

6.1.5 Frånluftsvärmepump

Med hjälp av värmepumpar kan värme återvinnas ur frånluften och hela energibehovet för varmvattenberedning tillgodoses.

Värmeåtervinningen kan ske genom att värmåtervinningsbatterier placeras i frånluften. Mellan dessa batterier och värmepumpens förångarsida cirkuleras glykolblandat vatten. Värmepumpen avger sedan värme till tappvarmvattensystemet via ett ackumulatortorsystem.

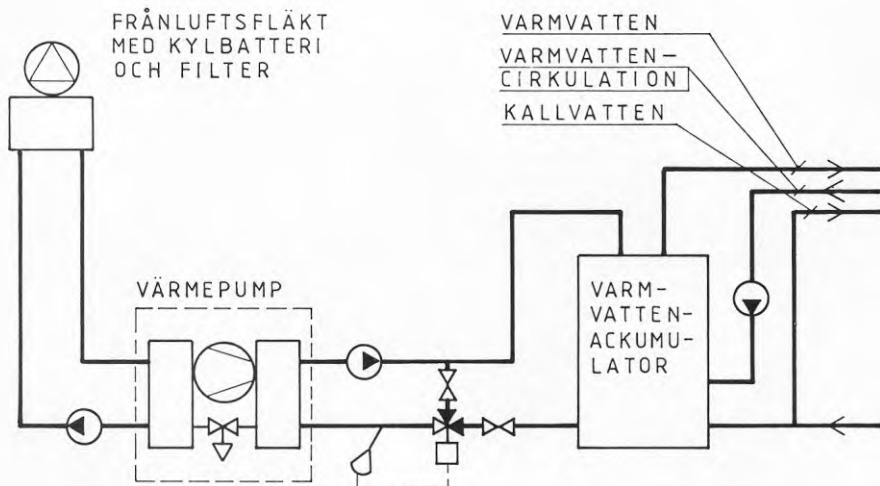


Fig 11. Föreslagen principiell inkoppling av värmepumparna i undercentralerna

Årsenergibehovet för tappvarmvatten har enligt tidigare uppskattats till totalt ca 2700 MWh/år. Den elenergi värmepumparna totalt kommer att förbruka för att producera denna värmeenergi motsvarar ca 1100 MWh/år.

För samtliga undercentraler har en värmepump av fabrikat Thermia studerats (modul 12). Dessa värmepumpar kan vid rätt förutsättningar avge en värmeeffekt på cirka 13 kW. En genomsnittlig ackumulatorvolym på ca 50 liter/lägenhet har här förutsatts vara tillräckligt.

För beräkningarna har följande förutsättningar gällt:

- Frånluftsflödet motsvarar alltid 0.5 oms/h
- Vid 0.5 oms/h blir temperatursänkningen på frånluften drygt 10 °C
- Tappvarmvattnet värms till cirka 50 °C
- Värmepumpens värmefaktor har antagits till 3.0 medan totala värmefaktorn antagits till 2.5

De frånluftsfläktar som finns på taken måste bytas ut till frånluftsfläktar med tillhörande återvinningsbatteri. Fläkt har en aggregattyp typ ESSA, som är lämplig att installera istället för de befintliga takaggregaten.

I undercentralerna kan värmepumparna med tillhörande komponenter placeras om befintliga ackumulatorvolymen minskas. I undercentralerna i C-huset räcker det att en av de två befintliga ackumulatorerna demonteras.

För att värmepumparna skall kunna producera tappvarmvatten under ett helt år, krävs att frånluftsfläktarnas styrning enligt tidigare ändras så, att luftomsättningen kontinuerligt är minst 0.5 oms/h.

6.2 Byggnadstekniska åtgärder

6.2.1 Fasad- och vindsisolering

Fastigheterna är välisolerade. Ytterväggarnas U-värden är ca 0.25 W/m², °C. Något underhållsbehov föreligger inte, varför några mer omfattande byggnadstekniska åtgärder inte är aktuella. Med så låga U-värden och avsaknad av renoveringsbehov är en tilläggsisolering helt utesluten ur fastighetsekonomisk synpunkt.

Vad avser vindsbjälklagsisolering är detta tekniskt svårt att genomföra i området pga takkonstruktionen. Dessutom föreligger enligt uppgift inget renoveringsbehov för taken, vilket i vissa fall annars kan vara en utgångspunkt för mer omfattande åtgärder såsom ändrad takkonstruktion eller dylikt med tillhörande tilläggsisolering.

6.2.2 Byte av fönster

Fönstren är av 2-glastyp med kopplade bågar. För några år sedan bytte FÖRBO ut ett stort antal bottenstycken mm och impregnerade dessa samt nedre delarna av sidostyckena med borböslösning för att om möjligt minska risken för rötskador. Trots detta är fönstren ändå i visst behov av underhåll.

Om FÖRBO beslutar att fönstren skall bytas kommer 3-glasfönster att installeras.

Det är totalt drygt 3950 fönster och 770 balkongdörrar som skulle kunna bytas ut. Detta motsvarar åtgärder på ca 5900 m² glasad yta.

Vid beräkning av fönstrens besparing har U-värdena satts till 2.9 W/m², °C för 2-glasfönster och 2.0 W/m², °C för 3-glasfönster.

Energibesparingen för denna åtgärd motsvarar ca 550 MWh/år.

6.3 Konverteringsåtgärder för elersättning

6.3.1 Allmänt

Hittills studerade åtgärder förutsätter att elvärme i någon form även fortsättningsvis behålls i området.

För att i större omfattning kunna minska elberoendet i området krävs en övergång från elradiatorer till ett vattenburet eller luftburet värmedistributionssystem. En sådan övergång kräver förutom nya installationer i husen, att en panncentral byggs i området. Olika bränsleslag kan därvid vara aktuella.

Panncentralen är tänkt att försörja bostadsområdet med värme och tappvarmvatten.

Panncentralen kommer alltså att kunna ersätta elförbrukningen för uppvärmning som blir 5650 MWh/år efter nedreglering av frånluftflödet och byte till 3-glasfönster samt energibehovet för tappvarmvatten som är ca 2700 MWh/år. Den kvarstående elförbrukningen går till hushålls och fastighetsdrift och blir då ca 2250 MWh/år med hänsyn till installationen av avfuktningssaggregat mm.

Panncentralen skall dimensioneras för en effekt på ca 3.6 MW totalt (jfr avsnitt 5.2) samt leverera ca 8350 MWh/år (netto) till huskropparna. Vid denna effektbestämning har hänsyn tagits till förluster i kulvertnät på 15 % och en pannverkningsgrad på 90 %, vilken förutsatts vara möjlig att uppnå för samtliga bränsleslag på grund av här aktuella pannstorlekar.

Panncentralens läge har valts så att inget hyreshus kommer att ligga särskilt nära centralen. Kulvertnätet mellan panncentral och befintliga undercentraler får inte bli för omfattande varför detta också har påverkat placeringen. Slutligen är det också intressant om leverans av bränsle till panncentralen kan ske på enklast möjliga sätt, varför panncentralens läge valts så att biltransporter inte ska behöva passera genom bostadsområdet.

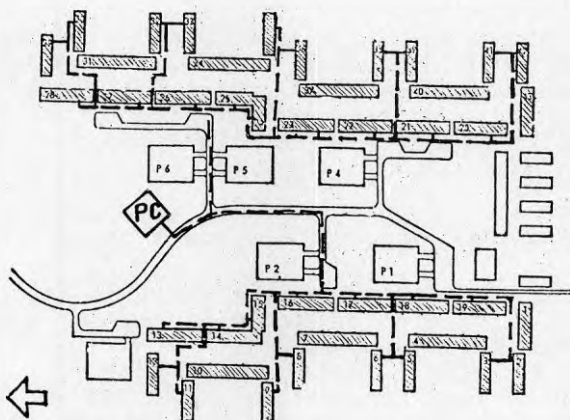


Fig 12. Situationsplan över panncentralens tänkta läge samt förläggning av kulvertnät

Hur stor markyta som panncentralen måste disponera är beroende av vilket bränsleslag som väljs.

Det är tänkt att kulvertnätet huvudsakligen kommer att förläggas i anslutning till vägarna.

De fyra bränsleslag som studerats är följande:

- o Naturgas
- o Gasol
- o Träpulverbränsle
- o Olja (typ WRD)

Här följer en närmare redovisning av de olika förbränningsalternativen.

6.3.2 Panncentral för naturgas

En naturgasledning kommer enligt Västgas AB och Härryda Energi AB med största sannolikhet att dras genom Rådasjön mot Lerum. En reducerstation kommer då att placeras på östra sidan av Bo-råsvägen alldeles vid Rådamotet, vilket ligger alldeles i närheten av Råda Säteri.

Härryda Energi AB kommer eventuellt att köpa naturgas av Västgas AB, varför ett stort intresse finns att eventuellt också ansluta bostadsområdet Råda Säteri till naturgas.

Markytan som krävs för en panncentral som eldas med naturgas blir relativt liten. Samtliga andra bränsleslag kräver transport till panncentralen och lagringsmöjligheter, varför behovet av markyta blir större. För en panncentral avsedd för naturgaseldning krävs ingen extra utrustning. Det räcker med att en gasledning anslutes till centralen.

6.3.3 Panncentral för gasol

I väntan på naturgas kan det vara lämpligt att välja en panncentral för gasoeldning då samma utrustning kan användas vid eldning med dessa olika gaser.

Då en gasolanläggning förutsätter samma typ av pannor och förbränningsutrustning som en naturgasanläggning, är det relativt enkelt att byta mellan gasol- och naturgaseldning.

För eldning med gasol tillkommer en trycksäker tank och påfyllningsutrustning samt en förångare. Gasolen lagras i vätskeform och måste i förångaren omvandlas till gasform innan förbränning kan ske.

Gasolen är en tung gas, varför golvet i panncentralen måste ventileras. Detta behövs inte vid naturgaseldning då den gasen är betydligt lättare.

Markytan för panncentral och kringutrustning samt utrymme för tankbilar att köra in och vända, blir betydligt större för denna typ av panncentral än för alternativet med naturgaseldning.

Det finns särskilda krav på säkerhetsavstånd och hantering av gasol som måste uppfyllas. Om placeringen av gasoltanken görs där panncentralen placerats i situationsplanen, torde åtminstone kravet på säkerhetsavstånd vara uppfyllt.

Om detta alternativ skulle övervägas, måste en mer ingående utredning göras avseende hur dessa säkerhetsbestämmelser skulle påverka detaljutformningen av en sådan anläggning.

6.3.4 Panncentral för träpulver

Träpulver är ett inhemskt bränsle, som tillverkas genom torkning och malning av träråvara. Vid träpulvertillverkning kan sådan råvara användas som varken sågverk, spånskivefabrik eller massaindustrin efterfrågar (4).

Idag finns endast ett fåtal anläggningar avsedda för träpulverbränsle på grund av att pulverbränslet i sig är en relativt ny produkt. Göteborgs Bostads AB har dock två panncentraler, som delvis eldas med träpulver. Pannorna har tidigare varit avsedda för enbart oljeeldning. Idag används träpulver för baslasten och oljeeldning sker endast vid spetslast. Dessa panncentraler finns i Västra Frölunda och Tuve.

Panncentralen i Västra Frölunda är utrustad med fyra pannor på vardera 15 MW. Två av dessa har konverterats (1982) till träpulvereldning med goda erfarenheter. I panncentralen i Tuve finns det tre pannor på vardera 3.7 MW, varav en panna idag eldas med träpulver.

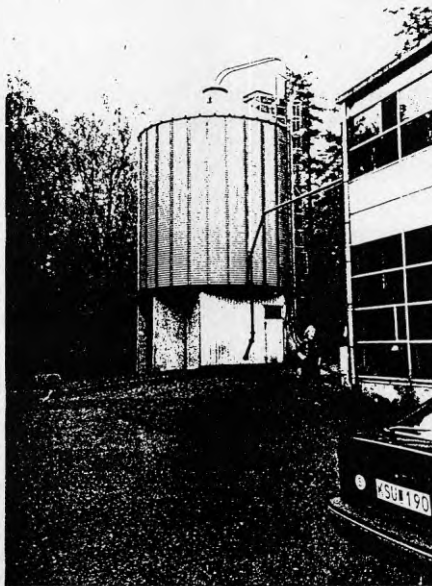


Fig 13. Silo för lagring av träpulver vid panncentralen i Tuve

Pannorna som används är konventionella oljepannor. Brännarna kan vara sk kombinationsbrännare, som möjliggör eldning med alternativa bränslen som t ex gas och olja.

Pulvret lagras i silo och transporteras med skruv till förbränningsutrustningen. Dessutom tillkommer utrustning för askhantering.

Transporten av träpulver sker med med bulkbil avsedd för konventionella pulvertransporter. Lossningen sker med hjälp av tryckluft genom en slang, som anslutes till silon.

Pulverbränsle har ett något lägre energiinnehåll (värmevärde) än övriga här redovisade bränslen. Som exempel kan nämnas att energiinnehållet i 1 m³ olja motsvarar energiinnehållet i ca 8.3 m³ träpulver.

Detta betyder att en relativt stor silo behövs samt att transport av bränsle till panncentralen kommer att ske något oftare än för de andra transportkrävande alternativen.

En annan nackdel jämfört med de andra bränslena är också att det för närvarande endast finns ett företag som säljer träpulver.

6.3.5 Panncentral för olja

En panncentral avsedd för olja är den typ av panncentral, som hittills är vanligast förekommande. Sedan mitten av 1970-talet har dock verkats för att landets oljeberoende ska minska. Idag introduceras naturgasen huvudsakligen för att ersätta oljan (5).

En annan anledning till att minska oljeförbrukningen är risken för miljöförstöring. Oljeförbränning ger bl a svavel i rökgaserna. Genom att använda olja med lägre svavelinnehåll och genom att installera en effektiv reningsutrustning kan dock svavelutsläppen minimeras.

I byggnormen SBN 80 finns det krav på att en pannanläggning för oljeförbränning skall vara förberedd för att kunna eldas med fastbränsle, vilket fördyrar en sådan anläggning.

Anledningen till att vi ändå velat undersöka detta alternativ, är att den framtida utvecklingen av el- och oljepriser kan bli sådan att ett alternativ med en panncentral avsedd för oljeeldning kan vara ekonomiskt intressant. Även om det ur miljösynpunkt är ett mindre lämpligt alternativ.

6.3.6 Undercentraler

Hetvattnet från panncentralen är tänkt att via ett kulvertnät levereras till befintliga undercentraler i B- och C-husen.

Genom att minska ackumulatorvolymerna i befintliga undercentraler kan plats beredas för installation av nya värmeväxlare och shuntgrupper för radiator- och tappvarmvattensystem.

6.3.7 Vattenburna värmedistributionssystem

Hetvattnet från panncentralen är tänkt att värmeväxlas i undercentralerna. Sekundärvarmevattnet kommer efter passage genom värmeväxlaren att shuntas ut till värmeavgivande system i lägenheterna.

Två olika typer av vattenburna värmesystem kan här bli aktuella, dels ett konventionellt radiatorsystem, dels ett på marknaden nytt distributionssystem baserat på sockelkonvektorer eller sk värmelister.

Konventionellt radiatorsystem. Om direktelvärmesystem ersätts av ett vattenburet system kan de befintliga elradiatorerna bytas ut. Istället kan ett konventionellt vattenburet radiatorsystem av 2-rörstyp installeras.

Det är oftast mycket svårt att hitta lämpliga utrymmen för rördragning i flerbostadshus som ursprungligen har varit avsedda för direktelvärmesystem. I detta fall har en enkel lösning för dragning av de vertikala värmestammarna hittats. I respektive trapphus i A- och B-husen finns det ett trapphusschakt som är placerat i centrum av själva trappan. Schaktet är öppet mellan samtliga våningsplan och är avskilt från trapporna med galler och är tillräckligt stort för att rymma erforderliga värmestammar.

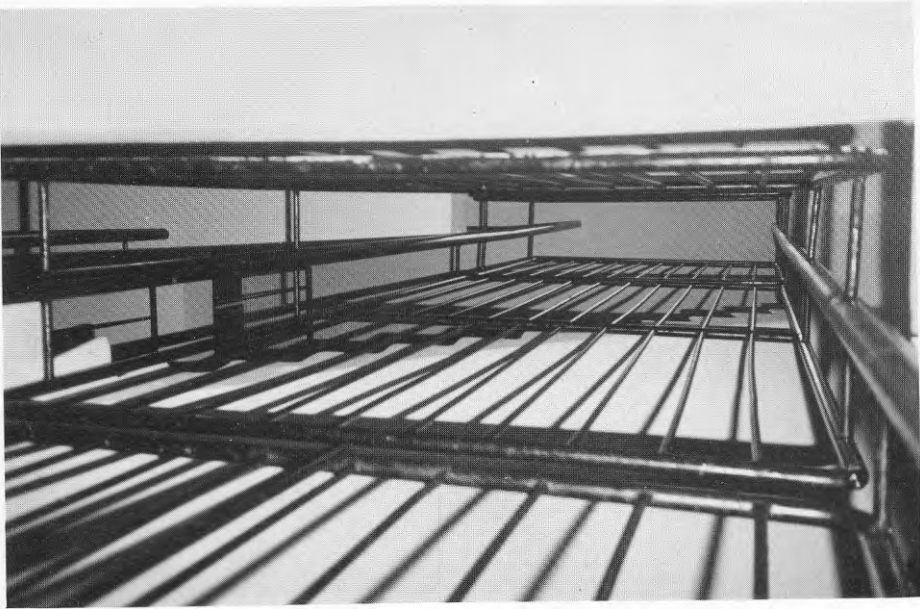


Fig 14. Ett trapphusschakt fotograferat underifrån

Genom att dra stamledningarna i dessa schakt underlättas rördragningen, vilket gör att en hel del håltagningar kan undvikas.

I C-husen finns dessa schakt endast i trapphusen som är placerade i ändan av C-husen, mellan C- och A-hus. Stamledningarna för försörjning av lägenheterna får därför dras genom klädkamrarna i en del lägenheter i C-husen.

De rörsystem som skall distribuera värme till A-husen kan däremot dras genom C-husens källardel ihop med befintliga VV-rör vidare upp i trapphusschaktet som förbinder C-och A-husen.

Mellan de olika trapphusschakten i A- och B-husen finns däremot ingen lämplig lösning för dragning av horisontella stamledningar. Antingen måste dessa dras genom lägenheter eller dras utanpåliggande med påföljande risk för frysning o dyl, även vid en kraftig isolering.

Då båda dessa alternativ av rördragning är olämpliga anser vi att detta alternativ inte bör genomföras i detta bostadsområde.

I andra bostadsområden med bättre utrymmen kan kanske rördragningen genomföras på ett lämpligare sätt, varför en ener-

giekonomisk analys ändå har genomförts för alternativ där denna åtgärd ingår.

Värmelister. Istället för radiatorer kan värmelister eller sk sockelkonvektorer installeras. Två kopparrör med påvalsade profiler av aluminium sammanhållna av en klammer bildar den värmeavgivande listen.

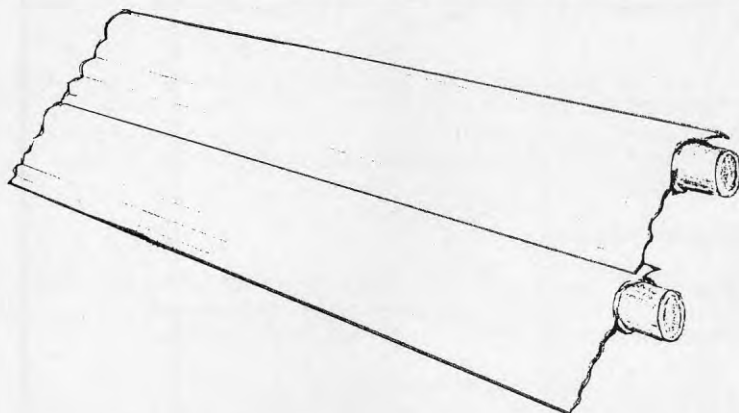


Fig 15. Skiss över värmelistens utseende

Genom att byta ut en del av golvlisterna till sådana värmelister, erfordras i flertalet fall inga konventionella radiatorer.

Värmelisterna bör förläggas såväl längs en yttervägg som en innervägg i varje rum. Värmelisten längs innerväggen bör effektregleras med hjälp av termostatventil. I övrigt kan rörsystemet förläggas på samma sätt som vid ett konventionellt radiatorsystem.

Idag finns inte värmelister att köpa kommersiellt, de är fortfarande under utveckling, men kommer inom en snar framtid att finnas på marknaden. Sådana har dock provats i småhus av bl a Vattenfall inom det sk Österåkersprojektet i Åkersberga (6), vilket ingår i Uppdrag 2000. Den värmelisttyp, som skulle bli aktuell i Råda Säteri, är dock en vidareutveckling av Österåkersmodellen.

Listerna kommer att kunna installeras med höjden 9.5 cm respektive 12.5 cm. Vikten blir knappt 2 kg/m. Avgiven värmeeffekt har vid provningar visat sig bli 77 W/m för den låga respektive 95 W/m för den höga listen vid en framledningstemperatur på 55 °C.

Med det effektbehov som idag gäller för Råda Säteri, behöver konvektorerna väljas med den högre höjden 12.5 cm, vid en högsta framledningstemperatur i värmesystemet på 55 °C.

Om tillräcklig längd på värmelistsystemet av praktiska skäl inte kan installeras och/eller kompletteringsvärme erfordras vid låga utomhustemperaturer, kan systemet enkelt kompletteras med en eller flera konventionella radiatorer. Alternativt kan några av de befintliga elradiatorerna bibehållas som stöd-värmekälla.

Installationen av listerna är relativt enkelt. Dessutom behöver inte de befintliga elradiatorerna demonteras förrän det nya värmesystemet är i funktion, vilket är ett plus jämfört med när ett konventionellt radiatorsystem installeras.

6.3.8 Luftburen värme

Istället för ett vattenburet värmedistributionssystem skulle ett luftburet värmesystem kunna vara tänkbart. Då erfordras också ett värmeåtervinningssystem av batteriväxlartyp.

För att kunna utnyttja värmeåtervinning måste befintliga frånluftsaggregat bytas till nya aggregat med en värmeväxlarenhet i frånluften, exempelvis Fläkts ESSA. För övrigt skall inte frånluftssystemet utöver denna åtgärd behöva byggas om nämnvärt.

Några lämpliga utrymmen för placering av tillkommande tilluftsaggregat finns inte i här aktuella hus, varför dessa aggregat måste placeras på yttertak. Underhållsmässigt är dock detta inte den bästa placeringen. Något bättre alternativ finns dock inte i här aktuella hus.

Tilluftsaggregaten kommer att väga mellan 250 och 300 kg beroende på aggregatstorlek. Dessa går att förankra med stöd i betongbjälklaget under yttertaken för att minska lasterna på yttertaken.

Vid ett totalt frånluftsflöde idag på ca 176000 m³/h (1 oms/h) bör ett tilluftsflöde på minst ca 150000 m³/h väljas vid en inomhustemperatur på 20 °C, en högsta tilluftstemperatur på 35 °C och ett värmeåtervinningssystem med minst 50 % temperaturverkningsgrad.

För att ett uppvärmningssystem baserat på luftburen värme skall fungera tillfredsställande, måste tilluft tillföras i alla rum. De rum som inte förses med frånluftsdon måste ha ordentliga och rätt placerade överluftsdon så att en god luftbalans och en god luftutbyteseffektivitet kan erhållas.

Ett luftburet värmesystem förutsätter också att klimatskärmen är mycket tät, minst motsvarande SBN 80:s krav på ett maximalt luftläckage på 1 oms/h vid 50 Pa för denna typ av byggnad.

Med ett luftburet värmesystem enligt ovan, skulle hela eluppvärmningen ner till ca -16°C kunna ersättas. Då extremt låga utetemperaturer inträffar behöver dock befintliga elradiatorer kunna utnyttjas.

Förutom en rad praktiska problem med rör- och kanaldragning, placering av tilluftsaggregat och tveksamheter angående klimatskärmens täthet, analyseras inte detta alternativ vidare.

6.4 Åtgärdsalternativ för ekonomisk analys

Ett flertal tänkbara enskilda åtgärder kan alltså vidtas i syfte att erhålla en elhushållning i området. Här har dock endast de medtagits för vidare analys, som ansetts någorlunda realistiska. Genom att kombinera dessa åtgärder med varandra har nio olika åtgärdsalternativ/-kombinationer framtagits.

En del av de genomgångna åtgärderna finns inte medtagna i följande alternativ på grund av installationstekniska problem och att de inte anses är lönsamma.

ÅTGÄRD/ALTERNATIV	Bas	1	2	3	4	5	6	7	8
Nedreglering av frånluft	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Upprustning av tvättstugor		X	X	X	X	X	X	X	X
Byte till 3-glasfönster (uh-behov)			X	X	X	X	X	X	X
Frånluftsvärme-pump (varmvatten)				X					
Panncentral naturgas					X				
Panncentral gasol						X			X
Panncentral träpulver							X		
Panncentral olja								X	
Värmelister					X	X	X	X	
Radiatorer									X

Tabell 3. Sammanställning av åtgärdsalternativ för ekonomisk analys

I alternativ 2 ingår endast de tre enklaste grundåtgärderna. Dessa åtgärder är så självklara att de också medtagits i samtliga andra alternativ. Fönsterbytet motiveras av såväl underhållskäl som av att en övergång till vattenburen värme via ett värmelistsystem erfordrar ett förbättrat kallrasskydd, som i och med borttagandet av elradiatorerna försvunnit.

6.5 Elbesparing och elersättning

Beroende på alternativ enligt ovan, erhålles antingen en ren elbesparing eller en kombination av elbesparing och elersättning.

Panncentralalternativen är exempel på åtgärds kombinationer, som dels ger en **elbesparing** (basalternativet samt alternativen 2 och 3 ingår) dels ger en **elersättning**, då resterande energibehov för uppvärmning och varmvattenberedning täcks av naturgas, gasol, träpulver eller olja.

Då energipriserna för olika energislag i framtiden ökar i olika takt är det ur fastighetsekonomisk synpunkt intressant att analysera sådana alternativ.

Den elbesparing och elersättning som erhålles med alternativen enligt ovan framgår av följande tabell.

ÅTGÄRD/ALTERNATIV	ELBESPARING (MWh/år)	ELERSÄTTNING (MWh/år)
Bas	2300	--
1	2450	--
2	3000	--
3	4600	--
4	3000	8350
5	3000	8350
6	3000	8350
7	3000	8350
8	3000	8350

Tabell 4. Sammanställning av elbesparing och elersättning för analyserade åtgärdsalternativ

Med utgångspunkt från en total elenergiförbrukning på ca 13600 MWh/år, som FÖRBO idag har under ett normalår, redovisas energistatus för området, före respektive efter att någon av ovanstående åtgärdsalternativ vidtagits, i följande figur.

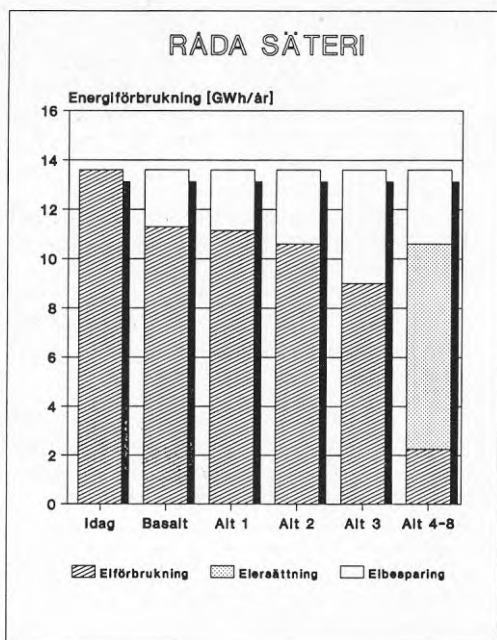


Fig 16. Energistatus före och efter olika åtgärdsalternativ

7 EKONOMI

I detta avsnitt redovisas **investeringskostnader** för samtliga de åtgärdsalternativ, vilka tidigare redovisats i tabell 3.

Dessutom redovisas de **basenergi**priser, som ligger till grund för de nuvärdeskalkyler, som har gjorts liksom de årliga **underhållskostnader** som tillkommer på grund av föreslagna åtgärder.

Utöver detta redovisas de **prognoser på framtida energiprishöjningar** för olika energislag och bränslen, som använts i nuvärdeskalkylerna tillsammans med kalkylräntor, brukstider mm.

Vad beträffar redovisade investeringskostnader, avser dessa kostnadsläget 4:e kvartalet 1988 och exklusive moms.

7.1 Investeringskostnader

För panncentralalternativen (alternativ 4-8) gäller att dimensionerande effektbehov för uppvärmning och varmvattenberedning är ca 3.6 MW, när åtgärderna nedreglering av frånluftsflöden, upprustning av tvättstugor samt byte till 3-glasfönster genomförts.

För alternativen med en panncentral för gasol (alternativ 5 och 8) har förutsatts att gasoltanken förläggs under mark.

Investeringskostnaderna för de olika åtgärdsalternativen redovisas i nedanstående figur (belastar energikalkylen).

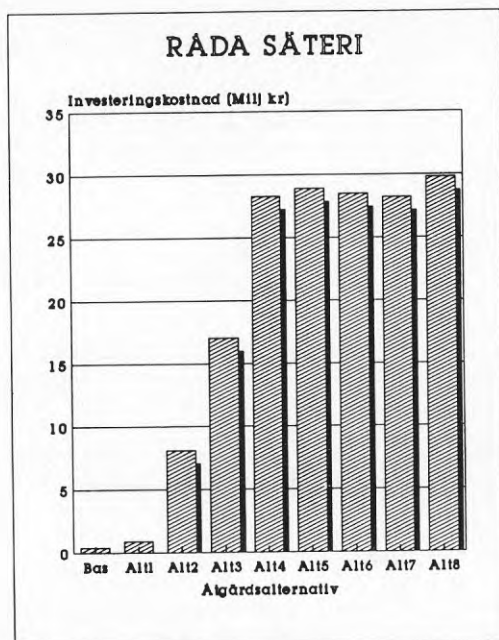


Fig 17. Investeringskostnad för olika åtgärdsalternativ (4:e kvartalet 1988)

Som framgår av denna figur och tabell 5 ligger samtliga panncentralsalternativ (alternativ 4-8) på investeringskostnader över 28.2 miljoner kronor. Härav svarar de rena eleffektiveringsåtgärderna för över 8 miljoner kronor eller ca 30 % av de totala investeringskostnaderna.

Detta medför att de framtida prishöjningarna på el respektive naturgas, gasol, träpulver eller olja måste vara sådana att de framtida driftkostnaderna under kalkylperioden kan kompensera dessa mycket stora skillnader i utgångsläget.

De totala investeringskostnaderna och hur de sätts samman av olika delposter redovisas i följande tabell.

ALTERNATIV	INVESTERINGSKOSTNADER (miljoner kr)								
	Bas	1	2	3	4	5	6	7	8
Nedreglering av frånluft	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4
Upprustning av tvättstugor	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5
Byte av fönster mm (uh)		7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Frånlufts- värmepumpar			8.9						
Komplett panncentral					3.0	3.6	3.2	2.9	3.6
Kulvert och schakt					1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Material och arbeten i undercentraler					5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Värmelister och rör					10.5	10.5	10.5	10.5	
Radiatorer och rör									11.4
TOTALT	.4	.9	8.1	17.0	28.3	28.9	28.5	28.2	29.8

Tabell 5. Investeringskostnader för olika åtgärdsalternativ (4:e kvartalet 1988)

Kostnaden för en nedreglering av frånluftsfläktar och förnyad injustering av frånluftsflödet i lägenheterna är ca 450 kr/lägenhet.

Den specifika investeringskostnaden för utbyte av befintliga eltorkar i torrskåp till nya avfuktningaggregat och torktumlare är ca 46000 kr/tvättstuga med två aggregat av vardera per tvättstuga. Till detta skall läggas en byggkostnad för nya torkrum på ca 20000 kr/tvättstuga.

Kostnaden för att byta ut befintliga fönster och balkongdörrar till ett 3-glasutförande är totalt ca 12.3 miljoner kr. Då fönstren här är i visst behov av renovering har endast merkostnaden för nya 3-glasfönster i förhållande till nya 2-glasfönster belastat energikalkylen samt merkostnaden pga en tidigareläggning av fönsterrenoveringen på ca 10 år. Detta motsvarar en merkostnad på ca 7.2 miljoner kronor. Den specifika merkostnaden för detta byte är då ca 1200 kr/m² glasyta.

Den specifika investeringskostnaden för frånluftsvärmepumparna avsedda för tappvarmvattenberedning är ca 12000 kr/lägenhet.

I åtgärdsalternativ 5 och 8 (panncentral för gasol) har förutsatts att tanken placeras under mark, vilket är det billigaste förläggningssättet. Om gasoltanken istället placeras ovan mark ökar investeringskostnaden med ca 150000 kronor beroende på den extra säkerhetsutrustning som då erfordras.

Kostnaden för förläggning av kulvert beror av markbeskaffenheten. Här har förutsatts att en förläggning intill befintliga vägar är möjlig, vilket medför en enklare schaktning. Om sprängning i berg skulle erfordras, ökar kostnaden för schaktning betydligt.

I undercentralerna är en del av de befintliga rören isolerade med asbest. I här redovisade kostnader för arbeten i undercentraler har kostnader för asbestsanering inkluderats.

Vad beträffar investeringskostnader för ett vattenburet värmedistributionssystem baserat på värmelister är dessa osäkra, då sådana inte ännu finns kommersiellt tillgängliga.

Sannolikt kommer ett system med värmelister att bli något billigare än ett konventionellt radiatorsystem på grund av en förenklad installation. Ett konventionellt radiatorsystem motsvarar en investeringskostnad på ca 15000 kr/lägenhet. Kostnadsreduktionen för ett värmelistsystem har vi bedömt uppgå till ca 0.9 miljoner kr eller ca 1100 kr/lägenhet.

7.2 Årliga kostnader för drift och underhåll

För att kunna genomföra en riktig nuvärdeskalkyl måste hänsyn tas till den framtida prisutvecklingen för såväl el som övriga här aktuella bränslen såsom naturgas, gasol, träpulver och olja.

Sådana prognoser är av naturliga skäl osäkra. Med hjälp av känslighetsanalyser, avseende inverkan av väsentliga ekonomiska parametrar, kan man dock relativt väl få ett begrepp om vilka investeringsalternativ som är "säkra" och "osäkra".

För sådana prognoser får man "luta sig på" den kunskap som finns hos olika statliga verk och myndigheter på energiområdet, såsom Statens energiverk (STEV) och Vattenfall. Detta innebär dock självklart inte att deras prognoser är "sanna".

Vad beträffar prisprognoserna för el hänvisas till Vattenfalls Uppdrag 2000, vilket har som scenario att elpriset kommer att öka med mellan 30 och 70% reallt (utöver inflationen) under perioden 1988-2010 för högspänningsabonnenter (7). Andra källor redovisar scenarier som leder till 50% högre elpriser, reallt år 2010, än dagens för lågspänningsabonnenter (15).

Med dessa källor som bas har vi som huvudalternativ i våra lönsamhetskalkyler använt en genomsnittlig real prisökning för el på 1.9%/år. Denna antagna prisökning motsvarar en total real ökning på ca 42 % under perioden 1988-2010.

Samtidigt har Statens energiverk (STEV) redovisat hur de förväntar sig de framtida prisökningarna på olika bränslen fram till år 2010 (5,8). I dessa referenser anges framtida prisökningar för alla här aktuella bränslen utom för naturgas. För här aktuell oljekvalitet (WRD) har förutsatts att den reala prisökningen följer den för Eol.

För naturgas anger dock Statens energiverk (STEV) i (9) en real energiprisökning på 1%/år, vilken vi använt i vårt huvudalternativ.

I nedanstående figur sammanfattas dessa källors prognoser, på vilka vi sedan har baserat våra egna bedömningar. Att göra prognoser som sträcker sig så långt som 20-30 år framåt i tiden, är mycket vanskligt. Speciellt svårt är det när Sveriges energisystem står inför en så stor omställning som en framtida kärnkraftsavveckling.

För att om möjligt räkna konservativt, har vi därför antagit att ingen ökning utöver inflationen kommer att ske efter år 2010 - ett antagande som vi själva tidigare använt i beräkningar för Vattenfalls Uppdrag 2000, etapp I (10).

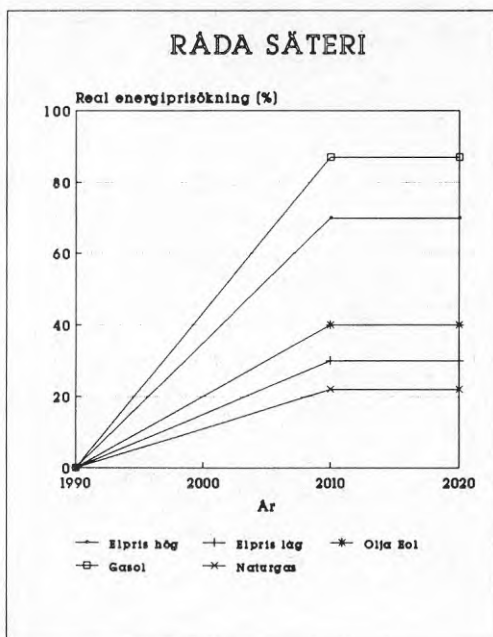


Fig 18. Prognosticerade reala prishöjningar på el, gasol, naturgas och olja

Elpriset för år 1988 var, enligt tidigare redovisning i avsnitt 5.3, ca 32.5 öre/kWh.

Priset på naturgas är något osäkert men enligt samtal med Västgas AB bör man räkna med 700 kr/lägenhet, år samt 22 öre/kWh. Detta ger en värmekostnad på ca 28 öre/kWh.

Idag är gasol billigt och enligt uppgift från Shell kostar den 14 öre/kWh brutto, vilket motsvarar en värmekostnad på ca 18 öre/kWh.

Beskattningen av gasol är väldigt låg, 1.5 öre/kWh, jämfört med naturgas, som beskattas med 3 öre/kWh. Troligt är dock att beskattningen för dessa bränslen i framtiden kommer att bli mer lika.

Priset på träpulver fastställs genom avtal med producenten. Pulverbränsle AB har angivit dagens pris till ca 16 öre/kWh brutto, vilket motsvarar en värmekostnad på ca 21 öre/kWh netto.

Shell har uppgivit att deras WRD-olja (destillat mellan Eol och Eo3 som kräver förvärmning på 50 °C) idag kostar ca 1700 kr/m³ för en förbrukare av den storlek som panncentralen i

Råda Säteri skulle utgöra. Detta motsvarar en värmekostnad på ca 22 öre/kWh.

Alla priser som redovisas här inkluderar skatt och avser kostnadsläget under 4:e kvartalet 1988.

Detta ger då följande sammanställning över de **basenergi**priser för olika bränslen, som använts som utgångspunkt för våra lönsamhetskalkyler i avsnitt 7.3.

Kostnad (öre/kWh)	Naturgas	Gasol	Träpulver	WRD-olja
Bränslekostnad	-	14	16	17
Värmekostnad	28	18	21	22

Tabell 6. Basenergipris för olika bränslen för elersättning (4:e kvartalet 1988)

Med dessa basenergipriser och prognoser som grund har vi, som **huvudalternativ** för våra kalkyler, använt följande antaganden rörande den reala energiprisökningen för olika energslag.

Energislag	År 1988-2010	År 2011-2018
El	1.9 %	0 %
Naturgas	1.0 %	0 %
Gasol	4.0 %	0 %
Träpulver	1.9 %	0 %
Olja	1.8 %	0 %

Tabell 7. Genomsnittliga årliga reala energiprisökningar (huvudalternativ)

Träpulver har antagits få en prisökning, som motsvarar den antagna genomsnittliga prisökningen på el på 1.9 % enligt tidigare.

För de årliga underhållskostnader, som tillkommer på grund av studerade åtgärdsalternativ har följande antaganden använts.

Tillkommande underhållskostnader för panncentraler och frånluftsvärmepumpar har satts till 5 % av investeringskostnaden per år. För övriga installationstekniska åtgärder har antagits en tillkommande underhållskostnad på 2 % av investeringskostnaden per år. För delåtgärden fönsterbyte och övrigt underhåll förutsattes underhållskostnaderna följa inflationen.

7.3 Lönsamhetskalkyler

De lönsamhetskalkyler som här redovisas har genomförts med datorprogrammet Nya Enorm 5.1, där den så kallade nuvärdemetoden används i programmets ekonomiberäkningsdel.

Beräkningarna har gjorts med avseende på en kalkylperiod på 30 år (år 1988-2018). I de fall utrustning har kortare livslängd än 30 år, förutsattes att en reinvestering sker under kalkylperioden. Till detta har hänsyn tagits i beräkningarna. Samtliga reinvesteringar har antagits ske efter 15 år och avser huvudsakligen installationsteknisk utrustning.

Som tidigare nämnts, är det av naturliga orsaker svårt att prognosticera framtida energipriser, inte minst med en så lång kalkylperiod som 30 år. Att vi ändå valt en så lång kalkylperiod beror dels på att ett fastighetsinnehav representerar en långsiktig kapitalplacering, dels att en kalkylperiod på 30 år har kommit att bli "standard" i alla statliga energiutredningssammanhang.

I kalkylerna har en real kalkylränta på 6 % valts som huvudalternativ. Utfallet vid en real kalkylränta på 4 respektive 8 % kommer dock också att redovisas i samband med genomförda känslighetsanalyser i avsnitt 7.4.

I figuren nedan redovisas erhållna nuvärden på de nio åtgärdsalternativen.

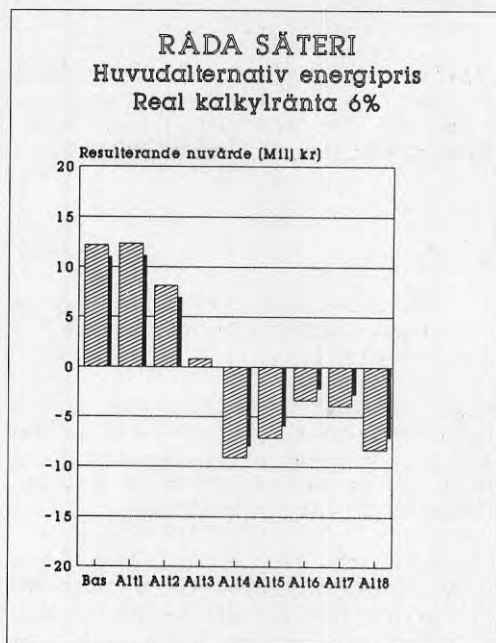


Fig 19. Resulterande nuvärde för samtliga alternativ (huvudalternativ - real kalkylränta 6 % och brukstid 30 år)

Härav framgår att samtliga åtgärdsalternativ som baseras på rena eleffektiviseringsåtgärder är lönsamma medan inget alternativ där dessa byggs på med mer omfattande elersättningsåtgärder är lönsamt. Dock ligger alternativ 6 och 7 med träpulver respektive olja som bränsle närmare lönsamhetsgränsen än alternativen 4,5 och 8 med naturgas respektive gasol som bränsle.

Orsaken till att just dessa alternativ ligger bättre till än alternativ baserade på naturgas eller gasol som bränsle, beror till största delen på att kombinationen av värmekostnad idag och framtida real ökningstakt på energipriset är mer gynnsamt för dessa.

Av figuren ovan framgår också klart att de mest lönsamma åtgärdsalternativen är de som omfattar konventionella energihushållningsåtgärder, nämligen:

- o Nedreglering av frånluftsfläktar
- o Upprustning av tvättstugor
- o Byte till 3-glasfönster (visst renoveringsbehov)

Hur resultatet förändras vid olika kombinationer av beräkningsparametrarna real kalkylränta (r) och real energprisökning (q) samt på ändrad förutsättning avseende fönstrens renoveringsbehov, måste analyseras särskilt med känslighetsanalyser.

7.4 Känslighetsanalyser

I ovan redovisade lönsamhetskalkyler har beräkningarna gjorts med avseende på en real kalkylränta på 6 % och reala energprisökningar enligt tabell 7.

Att valet av dessa beräkningsparametrar är högst väsentligt för utfallet är allmänt känt. Trots att de enligt vår bedömning är högst rimliga, kommer vi nedan att redovisa resultatet för två alternativa reala kalkylräntor 4 % respektive 8 %, med i övrigt samma förutsättningar som i figur 19.

Först redovisas resultatet för ett lägre lönsamhetskrav motsvarande en real kalkylränta på 4 %, vilket motsvarar en ofta använd "standard" i statliga energiutredningssammanhang.

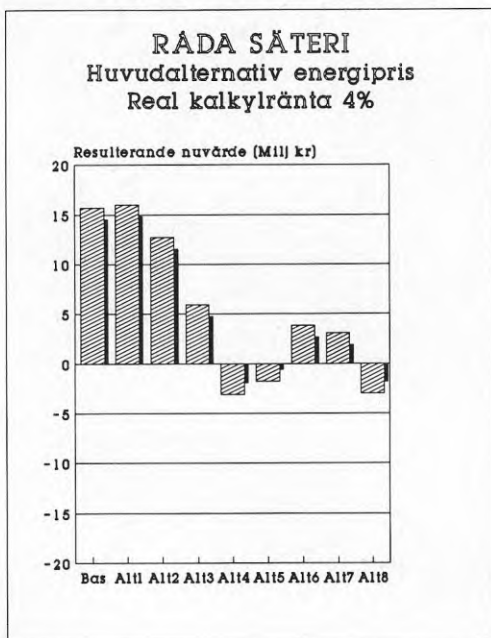


Fig 20. Resultierande nuvärde för samtliga alternativ (huvudalternativ - real kalkylränta 4 % och brukstid 30 år)

Som väntat påverkas åtgärdsalternativ med hög investeringskostnad procentuellt mer än andra. Alternativ 4,5 och 8 blir olönsamma medan övriga alternativ med i detta fallet en real kalkylränta på 4 % skulle vara lönsamma.

Om lönsamhetskravet istället skulle ställas högre, motsvarande en real kalkylränta på 8 %, skulle bilden bli följande.

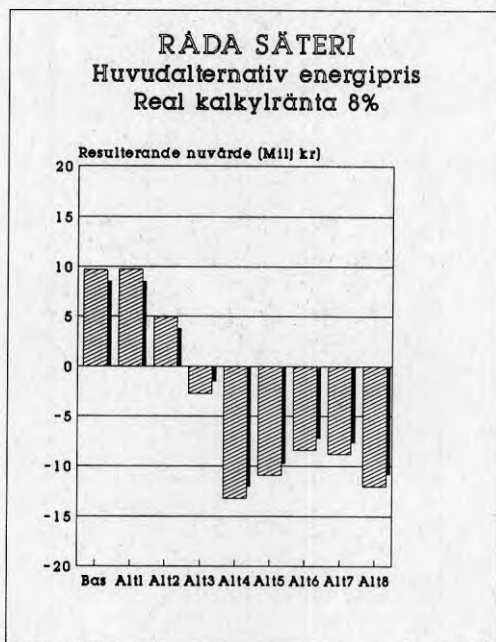


Fig 21. Resultierande nuvärde för samtliga alternativ (huvudalternativ - real kalkylränta 8 % och brukstid 30 år)

Endast basalternativet samt alternativ 1 och 2 skulle då vara lönsamma medan alternativ 3 (frånluftsvärmepumpar) skulle vara olönsamt. Övriga åtgärdsalternativ skulle vara klart olönsamma.

Det resulterande nuvärdet är således mycket känsligt för valet av real kalkylränta. Speciellt känsliga är åtgärdsalternativ med hög investeringskostnad i utgångsläget, även om omfattningen av reinvesteringar också starkt påverkar resultatet.

För att få en bild av vilka åtgärdsalternativ som, oavsett framtida ökningstakt på elsidan, bör genomföras i Råda Säteri, har även känslighetsanalyser genomförts med huvudalternativets reala kalkylränta på 6 % och utan någon ökning av framtida energipriser utöver inflationen.

Resultatet av dessa känslighetsanalyser redovisas nedan.

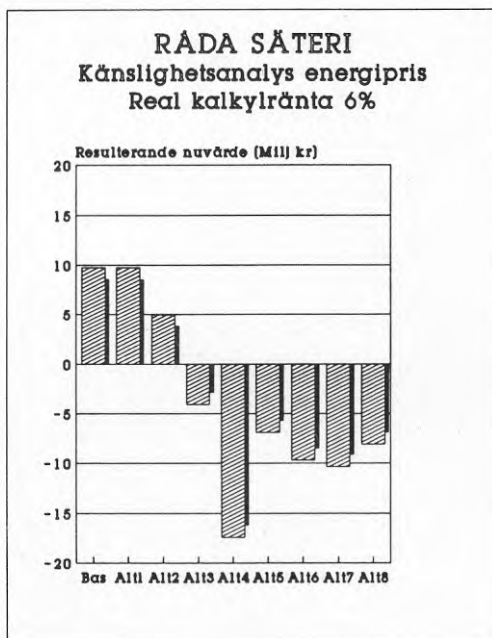


Fig 22. Resulterande nuvärde för samtliga alternativ (känslighetsanalys - real kalkylränta 6 % och real energiprisökning 0 % för alla energislag samt brukstid 30 år)

Även i detta "nollalternativ" blir de tre första åtgärdsalternativen lönsamma. Övriga alternativ skulle vara olönsamma.

Även om den reala kalkylräntan skulle sättas till 8 %, skulle dessa tre åtgärdsalternativ vara lönsamma.

En framtidsbeskrivning som den sist redovisade, är dock inte särskilt realistisk. Att vi kommer att få framtida reala ökning av energipriset för flertalet energislag och bränslen står nog utan allt tvivel. Frågan är snarare hur stora de kommer att bli.

En annan förutsättning, väsentlig för resultatet av samtliga genomförda lönsamhetskalkyler, är att ett visst renoveringsbehov föreligger för fönstren. I energihushållningssammanhang är detta oftast ett villkor för att ett fönsterbyte skall vara energiekonomiskt lönsamt om inte tekniska lösningar med en 3:e ruta på fönstrens in- eller utsida väljs med normalt mycket lägre investeringskostnad än för nya 3-glasfönster.

Med en real kalkylränta på 6 %, en brukstid på 30 år samt reala energiprisökningar enligt tabell 7, samt fönster utan renoveringsbehov skulle åtgärdsalternativ 2 ändå vara lönsamt. Detta gäller även om elpriset i framtiden endast skulle följa inflationen. Anledningen till att en viss lönsamhet skulle föreligga även i detta fall beror naturligtvis på att priset redan idag är högt (32.5 öre/kWh).

7.5 Diskussion

Här redovisade nuvärdeskalkyler visar att en åtgärdskombination motsvarande minst alternativ 2 är klart lönsam att genomföra i Råda Säteri.

Av övriga studerade alternativ uppvisar alternativ 3,6 och 7 lönsamhet endast om den reala kalkylräntan sänks från huvudalternativets 6 % till 4 %.

Dock föreligger för dessa bl a vissa tekniska tveksamheter vad beträffar möjligheterna att hitta lämpliga rördragningsstråk för ett vattenburet värmesystem i husen. Detta bör studeras mer i detalj än vad som har varit avsikten med denna utredning.

Som framgått av kalkylerna är det inte självklart vilka alternativ som är energiekonomiskt intressanta att genomföra. Det föreligger ett komplicerat samspel mellan grundinvesteringens storlek, erforderliga reinvesteringar, tillkommande underhållskostnader, basenergiprisets utgångsnivå, framtida reala ökningstakter för dessa energislag och bränslen samt valet av real kalkylränta.

Med hjälp av känslighetsanalyser är det dock möjligt att ringa in de åtgärdsalternativ som är någorlunda "säkra" och de som är mer "osäkra", vilka kräver fördjupade analyser vad avser exempelvis grundinvesteringens storlek.

8 MILJÖKONSEKVENSER

Oberoende av valt bränslealternativ kommer alltid något utsläpp till uteluften att göras från panncentralen. Några liknande utsläpp har inte förekommit tidigare i området.

Mängderna av utsläpp varierar med bränslevallet. För att ge en liten men grov uppfattning om vilka miljöeffekter, som olika bränsleslag skulle medföra, redovisas i följande tabell de årliga utsläppsmängderna (4,11-14) för här aktuella bränslen vid en årsenergiförbrukning på 13600 MWh brutto.

Bränsle	Svavel		NO _x		Stoft	
	g/MJ	ton/år	g/MJ	ton/år	g/MJ	ton/år
Naturgas	0.0002	0.01	0.1	4.7	0.001	0.05
Gasol	0.0011	0.05	<0.1	4.7	<0.005	0.2
Träpulver	0.05	2.3	<0.2	9.4	<0.002	0.1
WRD-olja	0.12	5.9	0.2	9.4	0.04	1.9

Tabell 8. Årliga utsläppsmängder för olika bränslen vid en årsenergiförbrukning på 13600 MWh brutto

Som synes i tabellen ger en anläggning avsedd för oljeförbränning de största svavelutsläppen. I detta avseende är naturgas det bästa alternativet.

När det gäller utsläpp av kväveoxider (NO_x) ligger olja och träpulver sämst till.

Oljeförbränningen ger ifrån sig mest stoft, detta stoft innehåller dessutom mer tungmetaller än övriga bränsle.

En träpulvereldning skulle medför en hantering av ca 25 ton aska per år. pH-värdet i askan ligger runt 12 och 9-11 i rökgaserna från träpulvereldningen, vilket innebär att de är basiska.

Sammantaget framgår klart att alternativ baserade på naturgas eller gasol är mest intressanta ur miljöhänsyn, även om också övriga här aktuella bränsleslag med lämplig rökgasreningsutrustning torde kunna bli acceptabla.

9 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

En rad olika tänkbara eleffektiviseringsåtgärder har analyserats. Dessa åtgärder har analyserats tekniskt och ekonomiskt, dels som enskilda åtgärder dels som kombinationer med varandra och/eller i kombination med mer omfattande elersättningsåtgärder i form av delkonvertering från direktelvärm till andra energislag.

Både enkla och billiga åtgärder (nedreglering av frånluftsfläktar) och mer komplexa och dyra åtgärder (panncentral för gasol) har beaktats.

Då direktelvärmda hus oftast redan vid uppförandet försågs med en klimatskärm av hög energiteknisk standard, vilken mycket sällan är fastighetsekonomiskt lönsam att tilläggsisolera - om inte renoveringsbehov föreligger - har åtgärdsalternativen huvudsakligen varit av driftteknisk och installationsteknisk art. Enda undantaget är byte av 3-glasfönster, som i detta fall i huvudsak motiveras av att just visst renoveringsbehov föreligger.

En åtgärd av typen individuell mätning och debitering av el för värme och hushåll, har inte vidare analyserats, då denna bedömts vara ointressant på grund av en mycket liten besparingspotential i kombination med en hög investeringskostnad.

Utöver den typ av åtgärder, som har behandlats i denna utredning, finns naturligtvis åtgärder som alltid bör beaktas, nämligen en förbättrad drift och skötsel av befintliga installationer och användning av eleffektiva apparater (pumpar, fläktar, belysningsarmaturer mm). Denna typ av åtgärder kan dock på ett naturligt sätt komma in i fastighetsförvaltningen genom att man i samband med löpande underhåll byter ut uttjänta anläggningsdelar och väljer komponenter med högre eleffektivitet.

Genomförda nuvärdeskalkyler visar att det i fallet Råda Säteri är konventionella energihushållningsåtgärder, som är ekonomiskt mest intressanta. Dessa åtgärder är:

- o Nedreglering av frånluftsfläktar
- o Upprustning av tvättstugor
- o Byte till 3-glasfönster (visst renoveringsbehov)

En kombination av dessa tre åtgärder (åtgärdsalternativ 2) förordas oavsett framtida utveckling av elpriset. Ett genomförande av detta alternativ skulle innebära en grundinvestering på ca 13 miljoner kronor, varav ca 60 % eller 8.1 miljoner kronor skall belasta energikalkylen på grund av att fön-

tren är i behov av renovering. Elbesparingen är ca 3000 MWh/år eller ca 22 % av dagens elförbrukning på ca 13600 MWh/år.

Även alternativ där ovanstående åtgärder kombineras med frånluftsvärmepumpar för varmvattenberedning (alternativ 3) kan under vissa förutsättningar vara ekonomiskt intressant. Lönsamheten är dock lägre för detta alternativ. Detta alternativ erfordrar en grundinvestering på ca 17 miljoner kronor, som skall belasta energikalkylen. Elbesparingen blir här ca 4600 MWh/år eller ca 34 %.

För att erhålla markant större elbesparing erfordras åtgärder, där större delen av el för uppvärmning och varmvattenberedning ersätts helt eller delvis med annat energislag. En teknisk komplikation härvidlag är dock att man måste hitta ett värmedistributionssystem baserat på vatten eller luft som värmebärare. Detta kräver dock utrymmen för rör- och/eller kanaldragning, något som vanligtvis är svårt att finna i hus, som ursprungligen byggts för direktelvärm.

Motiven för att använda direktelvärm har tidigare just varit låga bygg- och installationskostnader, låga underhållskostnader samt miljövänlighet.

För att ändå möjliggöra sådana värmedistributionssystem, måste i flertalet fall ganska okonventionella installationstekniska lösningar tillgripas. Härvid måste ofta någon av de många aspekter som normalt beaktas i ett projekteringskede ges lägre prioritet.

Att introducera ett luftburet värmesystem har av praktiska orsaker inte bedömts intressant i Råda Säteri, då husen saknar tilluftssystem och vettiga utrymmen för aggregatplacering och kanaldragning. Om husen redan från början hade haft ett balanserat ventilationssystem, som fallet är med det direktelvärmda flerbostadshusområdet i Råslätt, skulle en introduktion av luftburen värme kunnat vara ett tänkbart alternativ. Noggranna tekniska överväganden rörande klimatskärmens täthet m fl frågor måste dock alltid föregå en introduktion av sådana system.

Vad beträffar vattenburna värmesystem har vi dels studerat ett konventionellt radiatorsystem dels ett på nytvecklade s k sockelkonvektorer (värmelister) baserat system. Inte heller för dessa har vi funnit helt invändningsfria lösningar vad avser rördragning mm.

Av de studerade panncentralalternativen, där ett vattenburet värmesystem har förutsatts, är inget lönsamt vid en real kalkylränta på 6 %. Dock ligger panncentralalternativ baserade på träpulver eller olja (alternativ 6 respektive 7) närmare lönsamhetsgränsen än alternativen baserade på naturgas och gasol.

Det finns dock skäl att förmoda att man skulle kunna förhandla sig till en något lägre värmekostnad, då området Råda Säteri i sig skulle utgöra en ganska stor naturgaskund. Vid ett större genomslag för naturgasen i Sverige är det möjligt att den framtida prisutvecklingen skulle kunna bli mer gynnsam än vad vi har antagit. Vi stödjer oss då på hur prisutvecklingen har varit i andra industriländer i Europa (5). Allt detta är dock idag **mycket osäkra faktorer.**

Om lönsamhetskravet sänks från en real kalkylränta på 6 % till 4 %, är samtliga panncentralalternativ lönsamma **utom** naturgas och gasolalternativen, som baseras på ett vattenburet värmesystem av konventionellt utförande med radiatorer. Dessa ligger dock mycket nära gränsen för lönsamhet.

Då gasol är ett med naturgas, tekniskt och miljömässigt, mycket likvärdigt bränsle och naturgas- och gasolalternativen är lönsamma eller ligger på gränsen till att vara lönsamma vid kalkylräntan 4%, skulle en framtida eventuell anslutning till naturgas kunna föregås av en gasolperiod.

För att få ett bättre beslutsunderlag för ett gasol- eller naturgasalternativ, bör någon form av förprojektering göras av såväl lokalt värmedistributionssystem som panncentral.

En sådan förprojektering bör koncentreras på att närmare penetrera utrymmebehov, lämpligaste rördragningsstråk samt placering och utformning av panncentralen ur bl a säkerhets-synpunkt.

Ur miljösynpunkt förordar vi gasol eller naturgas som bränsle.

Nackdelen med pulverbränslealternativet är att man dels blir begränsad till i stort sett en bränsleproducent dels får ett alternativ som torde ställa högre krav på underhåll än övriga beroende på bl a den nödvändiga askhanteringsutrustningen.

Även om alternativet med olja som bränsle är lönsamt vid en real kalkylränta på 4 % förordar vi inte ett sådant alternativ. Att ersätta el med olja vore enligt vår mening en kort-siktig energiteknisk lösning. Detta alternativ har **endast** medtagits för jämförelsens skull.

För åtgärdsalternativen där panncentraler ingår erfordras grundinvesteringar på mellan 28.3 och 29.8 miljoner kronor, beroende på bränsleslag och typ av vattenburet värmedistributionssystem. I dessa alternativ reduceras elförbrukningen i Råda Säteri med ca 11350 MWh/år eller ca 82 %.

Av dessa 11350 MWh/ år ersätts dock ca 8350 MWh/år eller ca 60 % av energi från andra bränslen. Detta innebär att den rena elbesparingen är ca 3000 MWh/år, dvs samma som för alternativ 2 enligt ovan.

En nackdel med samtliga alternativ där panncentral ingår, är att sådana anläggningar kräver personal med sannolikt annan kompetens än den som personalen i området idag har.

10 REFERENSER

- (1) Nilson A. et al: "Energisparkvarter i Göteborg". Rapport R36:1987. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
- (2) Samarbetsgruppen för byggnaders energiförsörjning: "Byggnaders energiförsörjning". Rapport R9:1970. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
- (3) Bostadsdepartementet: "Mätning och debitering av varmvatten. Principbetänkande från värmemätningens utredningen." DS BO 1983:4 inkl bilagedel, Stockholm
- (4) Gabrieli, Sten: "Träpolverbränsle". VVS & Energi 3/85. VVS Förlags AB, Stockholm
- (5) Statens energiverk: "Naturgas i mellansverige". Rapport 1987:5. Statens energiverk, Stockholm
- (6) Isaksson, Tord: "Elvärme i småhus". Rapport 1988-02-15. Vattenfall, Uppdrag 2000, Stockholm.
- (7) "Elvärmen inför 90-talet". Elfack 88. STF Ingenjörsutbildning AB, Stockholm
- (8) Statens Energiverk: "Gasolboken. Utvinning hantering och användning av gasol". Rapport 1987:6
- (9) Statens energiverk: "Småskalig kraftvärme". Rapport 1986:1
- (10) Nilson, A. et al: "Energisparmöjligheter i elvärmda småhus". Slutrapport 1987-12-17. Vattenfall, Uppdrag 2000, Stockholm
- (11) Bergö, S: "Pappersenergi". Gasnytt special 1988, Svenska Gasföreningen, Stockholm.
- (12) Vattenfall 1984: "Natur, Hälsa, Miljö, State-of-the-art"-rapport, september 1984.
- (13) Grundberg, T: "Att elda med olja". Shell Raffinaderier AB Göteborg.
- (14) Statens energiverk: "Avsvavling - en metodöversikt". Stockholm.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 880631-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Bengt Dahlgren AB, Västra Frölunda.

R41: 1990

ISBN 91-540-5195-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art. nr: 6801041

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 44 kr exkl moms